

Министерство образования и науки Российской Федерации
Сибирский федеральный университет

МОЛОДЁЖЬ И НАУКА

**Материалы VIII Всероссийской научно-технической конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых,
посвященной 155-летию со дня рождения К.Э. Циолковского
г. Красноярск, 19-27 апреля 2012 г.**

Том 3

Красноярск
СФУ
2012

УДК 001.891(063)

ББК 72я431

М 75

М 75 Молодёжь и наука: в 4 т.: материалы конф. Т.3 / отв. за выпуск О.А. Краев. – Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2012. – 616 с.

ISBN 978-5-7638-2328-8

Проект поддержан за счёт средств, предоставленных путём выделения целевого финансирования Краевым государственным автономным учреждением «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности».

ISBN 978-5-7638-2610-4

УДК 001.891(063)

ББК 72я431

© Сибирский
федеральный
университет, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

АРХИТЕКТУРА, ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ДИЗАЙН	15
Архитектура.....	15
<i>Андрейчиков Я.А.</i>	
О НОВЫХ СПОСОБАХ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ АРХИТЕКТУРЕ	15
<i>Лебедева Т.В.</i>	
ПРАВОСЛАВНЫЙ КАНОН И СОВРЕМЕННАЯ КУЛЬТОВАЯ АРХИ- ТЕКТУРА.....	19
<i>Семенова Ю.А.</i>	
АРХИТЕКТУРНАЯ АРХЕОЛОГИЯ И ХАЙ-ТЕК.....	24
Градостроительство	30
<i>Авласко С.Г.</i>	
ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЦЕНТРОВ НО- ВЫХ ГОРОДОВ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XX ВЕКА	30
<i>Логунова Е.Н.</i>	
ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВИЗУАЛЬНОГО ОБРАЗА КРУП- НОГО ГОРОДА (на примере Красноярска).....	35
<i>Малкова К.А., Лелюйко Я.В.</i>	
ПРОБКИ. БОЛЕЗНЬ ГОРОДА	40
<i>Орестов И.А.</i>	
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЖИЛОЙ СРЕДЫ ТЕРРИ- ТОРИАЛЬНОГО УРОВНЯ НА ПРИМЕРЕ Г. КРАСНОЯРСКА.....	43
Дизайн	49
<i>Жоров Ю.В.</i>	
ОСОБЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ ГРАФИКЕ	49
<i>Пономарева Е.С.</i>	
СИСТЕМА ВИЗУАЛЬНЫХ КОММУНИКАЦИЙ «КУЛЬТУРНЫЕ ТРО- ПЫ ГОРОДА КРАСНОЯРСКА».....	53
<i>Рыжкова Ю.Н.</i>	
СВЕТОМОДЕЛИРОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ ЗДА- НИЙ В ГРАФИЧЕСКИХ ПРОГРАММАХ 3ds Max, Cinema 4d, ArchiCAD, DIALux	55
ВООРУЖЕНИЕ И ВОЕННАЯ ТЕХНИКА.....	61
<i>Комельков Д.А.</i>	
РАЗРАБОТКА ФОРМИРОВАТЕЛЯ ЗОНДИРУЮЩИХ ИМПУЛЬСОВ ДЛЯ МСТ-РАДАРА ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ.....	61
<i>Лыткина Ю.А.</i>	
СОВРЕМЕННЫЕ АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ ФАЗОВЫМ РАСПРЕ- ДЕЛЕНИЕМ ФАР	63
<i>Романов А.Г.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ПОИСКА ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ СИГНАЛОВ.....	68

ГОРНОЕ ДЕЛО: ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ В ГОРНОМ ДЕЛЕ	72
Горные транспортные машины, стационарные машины, металлургические машины	72
<i>Котов К.Н.</i>	
О РЕНОВАЦИИ БУРОВОГО ИНСТРУМЕНТА.....	72
<i>Молокитин С.А.</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ АКТИВАТОРА ВЯЗКОПЛАСТИЧНЫХ СРЕД ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ЗАКЛАДОЧНЫХ СМЕСЕЙ	76
<i>Салтанов Р.Н., Мигунов В.И.</i>	
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ЧЕТЫРЁХМАШИННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА ОДНОКОВШОВОГО ЭКСКАВАТОРА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИСБАЛАНСА	80
Механика и графика в подготовке горных инженеров	83
<i>Николаев И.В.</i>	
ВЛИЯНИЕ СМЕЩЕНИЯ ОСИ ВРАЩЕНИЯ РОЛИКА КОНВЕЙЕРА НА ДИНАМИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ	83
<i>Чернова А.Е., Ковалева Я.М.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОХОДЧЕСКОГО КОМБАЙНА СТРЕЛОВИДНОГО ТИПА	85
<i>Шефер И.Н.</i>	
ВЛИЯНИЕ МОДУЛЯ И ЧИСЛА ЗУБЬЕВ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ПРЯМОЗУБОЙ ПЕРЕДАЧИ	88
Электрификация и автоматизация горных работ	92
<i>Шигин А.О., Чикуров И.А., Овчинников И.Л.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО МЕХАНИЗМА ПОДАЧИ БУРОВОГО СТАНКА	92
<i>Шманев В.Д.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ ПРИ КОММУТАЦИИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ до 1000 В.....	97
ГОРНОЕ ДЕЛО И ГЕОТЕХНОЛОГИИ	100
Открытые горные и буровые работы.....	100
<i>Камышанский К.С.</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННОГО РЕСУРСА В ГРАНИЦАХ ВОСТОЧНО-БЕЙСКОГО РАЗРЕЗА.....	100
<i>Шахторин И.О.</i>	
ПНЕВМО-ЭЖЕКЦИОННЫЙ РАБОЧИЙ ОРГАН БУРОВЫХ СТАНКОВ	103
Подземная разработка месторождений	108
<i>Буриев И.М., Тодинов П.А.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПОДБОРУ СОСТАВОВ ЗАКЛАДОЧНЫХ СМЕСЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОРОДНОЙ ЧАСТИ ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ	108

<i>Долганин А.С.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИЧИН ПОВЫШЕННЫХ ПОТЕРЬ РУДЫ ПРИ ОТРАБОТКЕ ОХРАННЫХ ЦЕЛИКОВ	112
<i>Ермолаев А.А., Мередов М.Ж.</i> ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗОГНУТОГО ЛИНЕЙНО-ТОРЦОВОГО ВЫПУСКА РУДЫ ПОД ОБРУШЕННЫМИ ПОРОДАМИ.....	114
<i>Мередов М.Ж., Ермолаев А.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ФИГУРЫ ЛИНЕЙНО-ТОРЦОВОГО ВЫПУСКА ФИЗИЧЕСКИМ МОДЕЛИРОВАНИЕМ ПРОПОРЦИОНАЛЬНО-ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО РЕЖИМА ОТГРУЗКИ РУДЫ.....	116
Шахтное подземное строительство и подземная разработка месторождений полезных ископаемых	119
<i>Бусаргин И.В., Немшилов А.А.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ТРАНСПОРТНЫХ ВЫРАБОТОК НА РУДНИКЕ «ОКТАБРЬСКИЙ».....	119
<i>Рафальский И.И.</i> СПОСОБЫ БОРЬБЫ С АГРЕССИВНЫМИ ВОДАМИ НА РУДНИКЕ «УДАЧНЫЙ»	122
<i>Ябуров Г.С.</i> РАЗВИТИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОДОРОЖНЫХ ТОННЕЛЕЙ ОВАЛЬНОЙ ФОРМЫ МОДУЛЬНЫМ УНИВЕРСАЛЬНЫМ ЩИТОВЫМ КОМПЛЕКСОМ «МУСКАТ» И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫЕМОЧНОГО ПРОСТРАНСТВА ПРИ ПРОХОДКЕ	127
ИНЖЕНЕРНАЯ МАТЕМАТИКА	135
<i>Овчинников А.В.</i> НЕКОТОРЫЕ ПРИМЕНЕНИЯ ФРАКТАЛОВ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ	135
МАШИНОСТРОЕНИЕ: АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ	141
<i>Брунгардт М.В.</i> КОНСТРУКЦИЯ И НАГРУЗОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АДАПТИВНОЙ ГИДРОСТАТИЧЕСКОЙ ШПИНДЕЛЬНОЙ ОПОРЫ С АКТИВНОПОДВИЖНОЙ ВТУЛКОЙ	141
<i>Голованова А.С.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМА СИЛОВОГО ЗАМЫКАНИЯ КУЛАЧКА С ПОМОЩЬЮ ПОДПРУЖИНЕННОГО РОЛИКА	145
<i>Гумбатов Р.А.</i> РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СРЕДСТВ НА ПРИМЕРЕ СЕКТОРА АНТЕННЫ.....	149
<i>Захаров Е.П.</i> ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА РЕЗУЛЬТАТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО АНАЛИЗА В КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОМ КОМПЛЕКСЕ ANSYS	154

<i>Карпенко В.В.</i> РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПТИМИЗАЦИОННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ МУЛЬТИПЛИКАТОРА ДЛЯ МИКРОГЭС	158
<i>Карпенко Е.В.</i> ПОСТРОЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ АКТИВНОЙ ЧАСТИ ТОРЦЕВОГО ГЕНЕРАТОРА В СРЕДЕ ANSYS.....	163
<i>Лепт Э.И., Ведрова С.А., Бойцов И.А.</i> РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО ПРЕДЛОЖЕНИЯ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО МНОГОЦЕЛЕВОГО СТАНКА С ЧПУ	167
МАШИНОСТРОЕНИЕ: ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАШИНЫ, ГИДРОПРИВОДЫ И ГИДРО-ПНЕВМОАВТОМАТИКА.....	172
<i>Мандраков Е.А.</i> ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИВОДНОГО ДВИГАТЕЛЯ НА ДИНАМИКУ ГИДРОПРИВОДА ЛЕСОПОГРУЗЧИКА	172
<i>Титов М.А.</i> ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ПРИВОД ДЛЯ АВТОМОБИЛЯ ПОВЫШЕННОЙ ПРОХОДИМОСТИ ДЛЯ СОРЕВНОВАНИЙ ПО "ТРОФИ - РЕЙДАМ"	177
<i>Ягодкин В.А.</i> ГИДРОСИСТЕМА С ЗАМКНУТОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ И АККУМУЛЯТОРНОЙ ПОДПИТКОЙ	181
МАШИНОСТРОЕНИЕ: МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ.....	184
<i>Голомбецкий С.С.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН РАЗРУШЕНИЯ БЕССТЫКОВОГО РЕЛЬСОВОГО ПУТИ	184
<i>Криворучкина Е.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ НА СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛА ИЗ СТРУЖКИ МЕДИ И ЦИНКА	188
<i>Перфильева А.И.</i> ФОРМИРОВАНИЕ ВКЛЮЧЕНИЙ СВИНЦА В СТРУКТУРЕ СЛИТКОВ АВТОМАТНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ПРИ НЕПРЕРЫВНОМ ЛИТЬЕ.....	191
МАШИНОСТРОЕНИЕ: МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (СВАРОЧНОЕ, ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО И ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ.....	196
<i>Жиганов М.С.</i> РАБОЧИЕ ОРГАНЫ С РАСШИРЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ДЛЯ БЕСТРАНШЕЙНОГО РЕМОНТА ТРУБОПРОВОДОВ	196
<i>Мейстер А.Р., Флигерт А.А.</i> СВАРКА В УГЛЕКИСЛОМ ГАЗЕ НА МАЛЫХ ТОКАХ	201

МАШИНОСТРОЕНИЕ: ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА.....	206
<i>Есина М.С., Туч В.В.</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ СБОРКИ ЭКСЦЕНТРИКОВОГО ПЛАНЕТАРНОГО МЕХАНИЗМА	206
<i>Иванов В.А.</i>	
РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦИИ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПОДШИПНИКА СКОЛЬЖЕНИЯ	211
<i>Лопатина А.А.</i>	
ГАМИЛЬТОНОВА МОДЕЛЬ КОЛЕБАНИЯ МАГНИТНОЙ СТРУНЫ.....	215
<i>Серебренникова Ю.Г., Селин Д.Д.</i>	
АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ УГЛА ПОДЪЕМА ЭКСЦЕНТРИКА ЭМК ОТ РАДИУСОВ ТЕЛ КАЧЕНИЯ.....	219
<i>Шевченко Е.С., Кутура А.С.</i>	
ФОРМИРОВАНИЕ ГРАНИЦ ОБЛАСТЕЙ СУЩЕСТВОВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ-ПРОТОТИПОВ ЭМК	222
 МАШИНОСТРОЕНИЕ: СТАНДАРТИЗАЦИЯ, МЕТРОЛОГИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ	227
<i>Вашко А.А., Коробков Р.О.</i>	
СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ. ЛИДЕРСТВО В ОРГАНИЗАЦИИ.....	227
<i>Влашинец М.И., Коваль Я.И.</i>	
УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ – КЛЮЧ СТАНОВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ РОССИИ	232
<i>Иванюк Ю.А., Сувалко О.С.</i>	
ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ TQM В РОССИИ	237
<i>Коваль Я.И., Матишева К.О.</i>	
ОЦЕНКА УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ.....	241
<i>Тюрюмина А.В., Григорьев Д.А.</i>	
ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В РАМКАХ ТАМОЖЕННОГО СОЮЗА.....	246
 НЕФТЬ И ГАЗ: ГЕОЛОГИЯ И РАЗРАБОТКА НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	252
<i>Волков Д.А.</i>	
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОДОГРЕВА НЕФТИ В ПЕЧИ ТРУБЧАТОЙ БЛОЧНОЙ ПТБ-10Э	252
<i>Гилязова В.Р., Шалгынов Д.В.</i>	
МЕРКАПТАНОВАЯ СЕРА ДИЗЕЛЬНОЙ ФРАКЦИИ НЕФТИ ЮРУБЧЕНО-ТОХОМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	257
<i>Селин Д.Д., Серебренникова Ю.Г.</i>	
ТЕХНОЛОГИЯ ЗАЧИСТКИ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ АВИАЦИОННЫХ ТОПЛИВ	259
<i>Тарасенко О.Е.</i>	
АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ В АВИАЦИОННЫХ ГОРЮЧЕ-СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛАХ.....	264

<i>Шаталов И.И.</i> НЕОБХОДИМОСТЬ ПРОМЫШЛЕННОЙ РАЗРАБОТКИ ГАЗОГИДРАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	268
НЕФТЬ И ГАЗ: МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ ПРОМЫСЛОВ	274
<i>Бирих Р.А., Павлова П.Л.</i> СПОСОБ ОХЛАЖДЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ В МНОГЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОДАХ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ СКВАЖИНЫ	274
<i>Ледков А.О.</i> ПОДВЕСКА СКВАЖИННОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	278
<i>Сентюрова М.В., Демьянова Н.А.</i> УДАЛЕНИЕ АСПО СО СТенок НЕФТЕПРОВОДОВ МАЛОГО ДИАМЕТРА	282
НЕФТЬ И ГАЗ: OIL GAS FIELD MACHINERY	287
<i>Bondarev A.A., Kolmakova Y.P.</i> FIELD OF APPLICATION OF THERMOCOUPLE ELEMENT OF OIL-AND GAS COMPLEX. DEVELOPING AND PRODUCING OF DEVICES AND EQUIPMENT ON BASIS OF THERMOELECTROSITY PHENOMENA	287
<i>Isaev P.P.</i> INNOVATIVE OILFIELD GTL SOLUTION FOR ASSOCIATED GAS	290
<i>Kaliakin D.S.</i> QUANTUM-CHEMICAL STUDY OF MIGRATION AND SORPTION OF CARBON ATOM ON GRAPHITE AND GRAPHENE SURFACE	293
РАДИОЭЛЕКТРОНИКА.....	298
<i>Булавчук А.С.</i> ШИРОКОПОЛОСНАЯ МИКРОПОЛОСКОВАЯ АНТЕННА НА ДВУХ КОНДУКТИВНО-СВЯЗАННЫХ РЕЗОНАТОРАХ.....	298
<i>Гафаров Е.Р., Крылов Р.М., Моисеенко Р.Д., Немшон А.Д., Саломатов А.Ю.</i> ШИРОКОПОЛОСНАЯ МИКРОПОЛОСКОВАЯ АНТЕННА ДЛЯ СЕТЕЙ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ	302
<i>Кочумеев В.А., Стукач О.В., Пушкарев В.П.</i> СВЧ МОДУЛЬ НА ДИОДЕ ГАННА	306
<i>Кузьмин Е.В.</i> АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К ТОЧНОСТИ ЦИФРОВОГО СИНТЕЗА ЧАСТОТЫ ДЛЯ ИМИТАЦИИ И ОБРАБОТКИ ШУМОПОДОБНОГО СИГНАЛА МОРСКОЙ ВЫСОКОТОЧНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ.....	311
<i>Мурзин И.Н., Мурзин Е.Н.</i> ОСОБЕННОСТИ ДОКУМЕНТООБОРОТА ПРИ ВНЕДРЕНИИ CALS-ТЕХНОЛОГИЙ	314
<i>Никитин А.С.</i> ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГРАММНЫХ ПАКЕТОВ SOLIDWORKS И КОМПАС ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕМНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МОНТАЖА.....	318

<i>Похабов К.О.</i> ТЕСТИРОВАНИЕ КАК ИННОВАЦИОННАЯ ФОРМА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ	322
<i>Сахачёва А.А.</i> ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ	326
<i>Щербинина И.Б., Александрин А.М.</i> ЭЛЕМЕНТ ШИРОКОПОЛОСНОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ	329
СТРОИТЕЛЬСТВО – ФОРМИРОВАНИЕ СРЕДЫ ДЛЯ ЖИЗНИ	335
Инженерные системы зданий и сооружений	335
<i>Бобрин А.Г.</i> ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРООБРАБОТКИ ХРОМСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД.....	335
<i>Клиндух О.А.</i> МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА УПЛОТНЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ ДОРОЖНЫМ КАТКОМ С ОСЦИЛЛЯЦИЕЙ	338
<i>Кутергина Д.А.</i> РАДИАТОРЫ ОТОПИТЕЛЬНЫЕ СТАЛЬНЫЕ, ЛИТИЕВО-БРОМИДНЫЕ ВАКУУМНЫЕ СУПЕРПРОВОДЯЩИЕ	341
<i>Павлова В.И.</i> ПУСКОВОЙ РЕЖИМ РАБОТЫ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ В УСЛОВИЯХ СУРОВОГО КЛИМАТА РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)	343
<i>Перчиц Н.В., Шпагина Я.Н.</i> ПРИМЕНЕНИЕ РАМ-ФЛУОРИМЕТРИИ ДЛЯ АНАЛИЗА ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПЫРЕЯ, РАСТУЩЕГО В ПРИСУТСТВИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ	346
<i>Рудкова И.А., Юхнина Д.И.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ GPS НАВИГАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	351
<i>Соснов В.С.</i> ТЕПЛОПЕРЕДАЧА ОТОПИТЕЛЬНО-ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ ПАНЕЛИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПОВЕРХНОСТНОГО ПЕРФОРИРОВАННОГО ЭЛЕКТОНАГРЕВАТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА	353
<i>Филиппова А.Н.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ОСАДКОВ ХРОМСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД.....	356
<i>Черных О.И., Попова И.В.</i> АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД	358
Проектирование зданий и эксплуатация недвижимости	362
<i>Гроо А.В.</i> ПРОЦЕДУРА СОЗДАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ НА ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ ОТ ПЛАНИРОВАНИЯ ДО СТРОИТЕЛЬСТВА	362

<i>Лямзина П.В., Писарева П.Ю., Тушина И.А.</i> ПРОБЛЕМА ДОСТУПНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ КРАСНОЯРСКА МАЛОМОБИЛЬНЫМ ГРУППАМ НАСЕЛЕНИЯ	366
<i>Сергеева К.Л.</i> ВАРИАНТЫ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ НЕХВАТКИ ТЕРРИТОРИЙ ПОД ЗАСТРОЙКУ	370
<i>Филипсон Я.А.</i> РАЗВИТИЕ РЫНКА СОЦИАЛЬНОГО АРЕНДНОГО ЖИЛЬЯ В РФ	374
<i>Ястребова О.С., Прокопьева Д.С., Харисова А.Ф.</i> ВЛИЯНИЕ ЯРКОСТИ И ПУЛЬСАЦИИ СРЕДСТВ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ НА КАЧЕСТВО ЖИЗНИ И СОСТОЯНИЕ ЧЕЛОВЕКА.....	377
Автомобильные дороги и городские сооружения	382
<i>Бовкунов М.Е., Шоломицкий О.К.</i> ПЕРЕВОЗКА НЕГАБАРИТНЫХ И ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ ГРУЗОВ	382
<i>Гаврась О.В., Заноз А.В.</i> АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ НА ЗАСТРОЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ.....	385
<i>Гапченко Ю.С., Гулевич Н.И.</i> ЩЕЛЕВЫЕ ФУНДАМЕНТЫ.....	390
<i>Грязнухина К.А., Деревянных О.В.</i> НАБИВНЫЕ СВАИ В ПРОБИТЫХ СКВАЖИНАХ	393
<i>Макарова Н.А., Разумчик М.С.</i> АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ ГРУНТОВ	396
<i>Рубикс М.А., Лаумакис А.А.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ НАДЗЕМНОГО ПЕШЕХОДНОГО МОСТА	400
<i>Сафаров Н.А.</i> АНАЛИЗ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА НА МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ КАНСК – АБАН – БОГУЧАНЫ НА УЧАСТКЕ НОВОХАЙНСКИЙ – КАРАБУЛА	402
Строительные материалы и технологии строительства	406
<i>Васильева М.М., Рыжакова Е.А.</i> АНАЛИЗ ПРИЧИН АВАРИЙ БАШЕННЫХ КРАНОВ	406
<i>Константинова А.В., Коханова Д.Д.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ В ТЕХНОЛОГИИ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ.....	411
<i>Ланиакова О.А., Крамер Е.Л., Совков В.Г.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ МЕСТНЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ ДЛЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ БЕТОНОВ	414

<i>Шишилов Я.А.</i> ВЛИЯНИЕ ОТОЩАЮЩИХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА КЕРАМИЧЕСКОГО ЧЕРЕПКА НА ОСНОВЕ ГЛИНЫ МАГАНСКОГО МЕСТО РОЖДЕНИЯ	419
Строительные конструкции и управляемые системы.....	422
<i>Мак В.Г.</i> ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СТРУКТУРНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ АРМОЦЕМЕНТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	422
<i>Пэскэлуцэ И.С.</i> ФУНДАМЕНТЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ МАЛОЭТАЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В СЛОЖНЫХ ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЯХ.....	425
<i>Фаткулина-Яськова Л.М., Волков А. Н.</i> СИСТЕМЫ НАВЕСНЫХ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ФАСАДОВ ДЛЯ УТЕПЛЕНИЯ ЗДАНИЙ.....	430
ТРАНСПОРТ: ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ И СЕРВИС ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	433
<i>Бояркин С.В.</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-РАСЧЕТНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ СТАТИЧЕСКОЙ ПОПЕРЕЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КОЛЕСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	433
<i>Максимов А.Г.</i> ПРОБЛЕМЫ ХРАНЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ В УСЛОВИЯХ СЛОЖИВШЕЙСЯ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ.....	438
<i>Храмцов Д.А.</i> СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ СУММАРНОГО ЛЮФТА РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА.....	446
ТРАНСПОРТ: ТРАНСПОРТНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ.....	451
<i>Безуглов А.С.</i> СТАБИЛИЗАЦИЯ КУРСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ДВИЖЕНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО МАЛОГАБАРИТНОГО ПОГРУЗЧИКА С БОРТОВЫМ ПОВОРОТОМ.....	451
<i>Емельянова А.П.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМ МЕХАНИЗАЦИИ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ РАБОТ В МОРСКОМ ПОРТУ ВАНИНО.....	454
<i>Кусенко М.И.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МАШИН ДЛЯ ЛЕТНЕГО И ЗИМНЕГО СОДЕРЖАНИЯ ДОРОГ	458
<i>Оглоблин А.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ САМОУСТАНАВЛИВАЕМОСТИ ПЛАНЕТАРНОЙ МУФТЫ МЕХАНИЗМА ПОДЪЕМА МОСТОВОГО КРАНА ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ 500 т.	460

<i>Осипов С.О.</i> РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДВЕСКИ ДЛЯ ВНЕДОРОЖНИКА ПОЛНОЙ МАССОЙ 1,5 ТОННЫ.....	464
<i>Эвентов П.С.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ БЕСТРАНШЕЙНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	468
ТРАНСПОРТ: ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ.....	472
<i>Королева М.О., Кузьмин А.А.</i> СКОРОСТНОЙ ТРАМВАЙ – АЛЬТЕРНАТИВА МЕТРО	472
<i>Кузнецов В.С.</i> ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОДГОТОВКИ ВОДИТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ.....	477
<i>Фаустов Е.С.</i> МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КВАЛИФИКАЦИИ ВОДИТЕЛЕЙ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА.....	480
ХИМИЯ В МЕТАЛЛУРГИИ, ГОРНОМ ДЕЛЕ И ГЕОЛОГИИ	488
<i>Козлова Е.А.</i> СТАБИЛИЗАЦИЯ ВЯЗКОСТИ АНОДНОЙ МАССЫ ЗА СЧЕТ УПРАВЛЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ И СОДЕРЖАНИЕМ ПЫЛИ СО СВЯЗУЮЩИМ (СОСТАВ СВЯЗУЮЩЕЙ МАТРИЦЫ)	488
<i>Манасбеков Н.М.</i> ВЛИЯНИЯ СОДЕРЖАНИЯ СЕРЫ НА СВОЙСТВА СИНТЕТИЧЕСКОГО ЧУГУНА.....	491
<i>Молдурушку А.К.</i> ПРОБЛЕМА УТИЛИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ ГОРНООБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА "ТУВАКОБАЛЬТ"	496
<i>Параскун Д.С.</i> ХИМИЗМ ПРОИСХОЖДЕНИЯ НЕФТИ	500
<i>Удод П.А.</i> ВЫБОР СОСТАВА ЭЛЕКТРОЛИТА ДЛЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ С АЛЮМИНИЕВЫМ АНОДОМ.....	507
ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ: ОБОГАЩЕНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ, МЕТАЛЛУРГИЯ, КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	513
<i>Буянова Т.С., Шайморданова И.Х.</i> РАЗРАБОТКА РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ СПОСОБОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЛОМАСЕРЕБРОСОДЕРЖАЩИХ КОНТАКТОВ ЭЛЕКТРОЛИЗОМ НИТРАТНЫХ РАСТВОРОВ С НЕРАСТВОРИМЫМ АНОДОМ	513
<i>Василенко О.Г.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФОСФАТНО-РЕДКОМЕТАЛЬНЫХ РУД ТАТАРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	516
<i>Чуфырина М.В., Степанов А.Г., Шахрай С.Г.</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСВЕЩЕНИЯ РАСТВОРОВ ФЛОТАЦИИ.....	520

ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ: СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ЛИТЬЯ, ОБРАБОТКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.....	524
<i>Арефьев А.А., Дубов Н.Н., Кабанов М.А.</i>	
ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОЛУЧЕНИЯ ГОРЯЧЕПРЕССОВАННЫХ ПРУТКОВ ИЗ СТРУЖКОВЫХ СЫПУЧИХ ОТХОДОВ РАЗЛИЧНЫХ МАРОК ЛАТУНИ	524
<i>Безруких А.И., Лыткина С.И., Веснин Д.Ю., Деренуца О.А.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ СМАЧИВАЕМОСТИ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ РАЗЛИЧНЫМИ ЖИДКОСТЯМИ.....	526
<i>Гайлис Ю.Д.</i>	
АНАЛИЗ И АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ДЕФОРМАЦИОННЫХ РЕЖИМОВ ХОЛОДНОЙ ЛИСТОВОЙ ПРОКАТКИ И ВОЛОЧЕНИЯ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ И ИХ СПЛАВОВ.....	530
<i>Копылевич О.Э.</i>	
РАЗРАБОТКА ВЕРХНЕГО УРОВНЯ АСУ ТП ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД АФФИНАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	535
<i>Окладникова Н.В., Толмачева Т.А., Романова А.Г.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЛИТЬЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СПЛАВА АК7пч	540
ЭНЕРГЕТИКА: МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА	544
<i>Голуб А.А.</i>	
МОДЕРНИЗАЦИЯ РОБОТИЗИРОВАННОГО СКЛАДСКОГО КОМПЛЕКСА РСК-250	544
<i>Зеленов Д.М.</i>	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ НА ОСНОВЕ ЭТАЛОННОЙ МОДЕЛИ.....	548
<i>Сахник Я.В.</i>	
РАСЧЕТ ГИДРОУДАРА В СИСТЕМЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ	550
ЭНЕРГЕТИКА: ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА	556
<i>Голубева Е.А., Брикман И.А.</i>	
РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЧЕТЫРЕХВИХРЕВОЙ СХЕМЫ СЖИГАНИЯ БУРОГО УГЛЯ В ТОПКЕ КОТЛА БКЗ-640 ГУСИНООЗЕРСКОЙ ГРЭС	556
<i>Жигалова О.А., Шерешкова Н.В.</i>	
ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ В ВЕРТИКАЛЬНОМ ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ ПЕРЕМЕШИВАЮЩЕМ АППАРАТЕ	560
<i>Карабарин Д.И.</i>	
СХЕМА БЕЗМАЗУТНОЙ РАСТОКИ КОТЛА.....	563
<i>Потапенко А.С.</i>	
РЕКОНСТРУКЦИЯ ГАЗООТСАСЫВАЮЩЕЙ СЕТИ КОРПУСА ЭЛЕКТРОЛИЗА	568
<i>Семушева С.М.</i>	
ЗАЩИТА ОТ ПРОМЕРЗАНИЯ ДРЕНАЖА ГИДРООТВАЛА	572

ЭНЕРГЕТИКА: ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯ.....	575
<i>Жеденов Д.В.</i>	
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПЕРЕМЕШИВАНИЕ ЖИДКОГО МЕТАЛА В МИКСЕРАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ.....	575
<i>Пряжников П.И., Павлов Е.А., Иванов Д.И.</i>	
СИСТЕМА МГД-ДОЗИРОВАНИЯ И ПЕРЕКАЧИВАНИЯ ЖИДКОГО МЕТАЛЛА.....	578
ЭНЕРГЕТИКА: ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА	583
<i>Андреева А.В.</i>	
ПРОГРАММНЫЙ ОРГАН СОПРОТИВЛЕНИЯ В СРЕДЕ PSCAD/EMTDC.....	583
<i>Гиренков Н.В.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СХЕМЫ ВНЕШНЕГО ЭЛЕК- ТРОСНАБЖЕНИЯ ВАНКОРСКОГО НЕФТЕГАЗОВОГО МЕСТОРОЖ- ДЕНИЯ.....	587
<i>Донцов О.А.</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКСТРЕМАЛЬНОГО РЕГУЛЯТОРА В АВТО- НОМНЫХ СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ.....	593
<i>Павлов И.А., Темербаев С.А.</i>	
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РАБОТЫ С ПРИБОРАМИ УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ.....	597
<i>Пирожков С.О.</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ В ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИИ НА ПРИМЕРЕ КОНТРОЛЛЕРА ARDUINO.....	602
<i>Сизганов Н.В.</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОПОЛОГИИ СХЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ МАТРИЦ ИНЦИДЕНЦИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПАКЕТА MathCAD.....	604
<i>Суворин А.В., Адышев А.А., Сапрошин А.Е., Качаев А.А.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ СПЯЯ ТЕРМОБАТА- РЕИ НА ВЫХОДНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ УСТАНОВКИ.....	609

АРХИТЕКТУРА, ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ДИЗАЙН



Архитектура

УДК 72.01

О НОВЫХ СПОСОБАХ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ АРХИТЕКТУРЕ

Я.А. Андрейчиков
Научный руководитель Н.В. Дядечкин
Сибирский федеральный университет

Чтобы понимать суть моих тезисов, для начала нужно договориться, что есть архитектурная форма, и чем, собственно, занимается архитектор как проектировщик и модельер определенной материальной формы. Если быть конкретным, то можно с уверенностью сказать, что он, по сути, оперирует с геометрическим телом в трехмерном евклидовом пространстве.

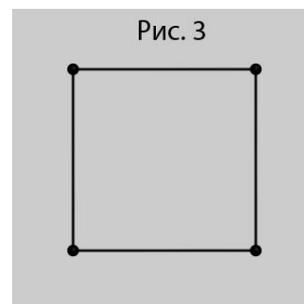
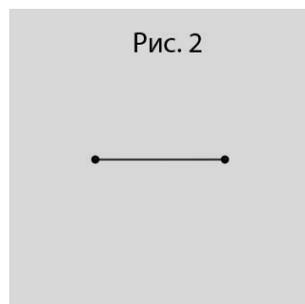
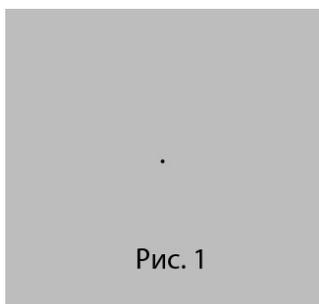
Любое геометрическое тело состоит из точек с координатной привязкой в пространстве, ребер, которые их соединяют и образованных всем этим граней, которые в компьютерном моделировании называют полигонами. Если окинуть взглядом историю архитектуры, то можно заметить явную тенденцию к усложнению формы. Допустим, до начала 20-го в. все здания, по сути, представляли из себя композицию из простых элементарных форм (параллелепипед, цилиндр, сфера, пирамида и др.). Разница одного стиля от другого заключалась только в архитектурных деталях. В XX в. начались смелые эксперименты над формой. Можно вспомнить и гиперболоидные формы (Aspire Tower, Шуховская телебашня), различные эксперименты с поверхностями 2-го порядка (Sage Gateshead, Turning torso), уход от целостности формы как таковой, неприятие прямого угла (Музей Гуггенхайма в Бильбао, Концертный зал имени Уолта Диснея) и так далее. Не будем вдаваться в подробности, к какому стилю принадлежит то или иное здание, так как нас интересует не историко-архитектурные свойства здания, а его геометрия.

Итак, как можно заметить, форма здания может быть какой угодно. Поразмыслив над этим, я пришел к одной очень нестандартной идее. Зда-

ние – это набор координатно-привязанных точек в **трехмерном эвклидовом** пространстве. Аналогично тому, как чертеж (графический рисунок, любое плоское изображение) можно считать совокупностью точек в **двухмерном эвклидовом** пространстве. Если абстрагироваться от привязки к реальному миру, то можно задаться вопросом: а почему человеческое творчество и человеческая фантазия работают в таком зажатом диапазоне? Может быть, возможно как-то расширить эти рамки? Я пришел к выводу, что сделать это, с некоторыми поправками (речь о которых пойдет ниже), все же можно. На помощь мне пришла алгебра.

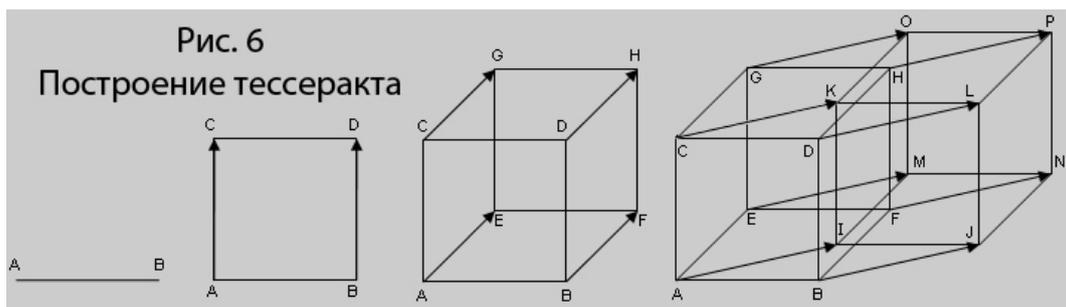
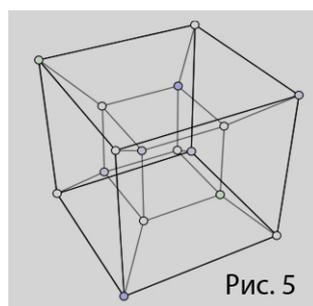
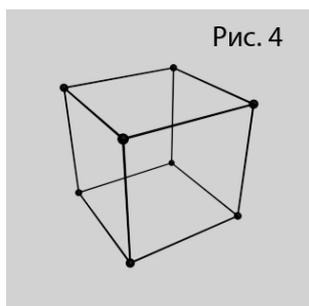
Все мы привыкли еще со школы оперировать исключительно по трем координатным осям, что не задавали себе вопрос, а что будет, если добавить, например, четвертую **геометрическую** ось (четвертой осью обычный человек считает время, но тут речь именно о пространственной оси)? Что тогда получится? С точки зрения реально жизни это невозможно и не допустимо, но если вспомнить, что геометрия – это раздел математики, то четвертая координата в описании точки в пространстве не выглядит чем-то необычным. В самом деле, четырехмерное пространство не противоречит логике.

Давайте рассмотрим на примере самого простого геометрического тела – куба – какие творческие возможности скрыты за четырехмерным пространством. Итак, возьмем пространство с разрядностью равной 0. Очевидно, там, где нет ни одной оси, может быть только один объект – это точка (рис. 1). Назовем эту точку кубом с разрядностью равной 0. 0-кубом. Все относительно просто. Проведем первую координатную ось – получим одномерное пространство. Здесь возможны уже несколько объектов: точка, прямая, луч и отрезок. Выберем отрезок фиксированной длины и назовем его 1-кубом (рис. 2). Далее, проведем еще одну ось, перпендикулярную первой. Получится двухмерное пространство, или, проще говоря, плоскость. Как мы можем вспомнить из повседневной жизни, количество объектов на плоскости достаточно велико. Если возьмем тот самый отрезок фиксированной длины и сдвинем его по вновь появившейся оси на расстояние, равное длине нашего отрезка, получится всем известный квадрат, или 2-куб (рис. 3).



Добавим еще ось (важно, чтобы она была перпендикулярна сразу обоим первым осям) и получим всеми знакомое трехмер пространство, в

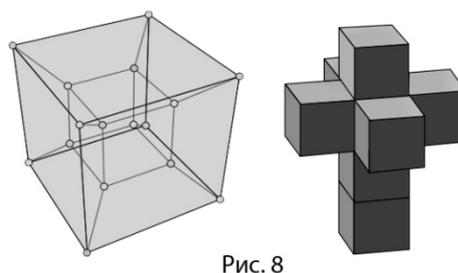
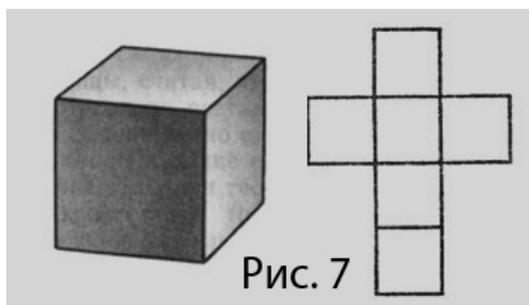
которое помещена вся человеческая архитектура. Да чего уж там архитектура, весь мир в локальных масштабах выглядит как трехмерное евклидово пространство. Если возьмем квадрат и сдвинем его по новой оси на длину, равную длине нашего отрезка – получим 3-куб, или просто куб, как мы привыкли его понимать (рис. 4). Но можно идти дальше, и продолжать добавлять оси, которые перпендикулярны сразу всем предыдущим осям и сдвигать получившиеся объекты вдоль них. Если сдвинуть получившийся куб по еще одной такой оси, четвертой, на все тот же фиксированный отрезок, получим, по логике, 4-куб, или тессеракт (рис. 5, 6).



Человеческое воображение не слишком сильно, чтобы представить его непосредственно как тело, но, к счастью, его можно описать как комплекс точек, ребер и граней. Ведь и обычное трехмерное тело – это все тот же самый комплекс. Можно анализировать и оперировать с формой просто смотря на колонку цифр, а не держа её в руках. Итак, теперь раскроем всю суть замысла. Если тело здания – это, грубо говоря, набор точек, ребер и граней, то почему бы не попробовать добавить в этот набор еще одну ось? Допустим, получится некоторое тело, которое является четырехмерным по своей природе. Описать его можно только цифрами, и все его качества и свойства так же можно представить только через цифры, а не наглядно. Но тут возникает вопрос: зачем тогда нам эта форма, какой бы необычной и обещающей она не была, если наглядно мы ее представить не можем, а в реальном мире она и вовсе существовать не может. Отсюда возникает предположение, что посредством каких-то преобразований возможно это тело «понизить» в разрядности пространства, чтобы оно стало наглядным и доступным в реальности. Такие преобразования возможны. На данный

момент я могу предложить 2 относительно простых и понятных преобразования: развертка и проецирование. Слова эти довольно простые и понятные слушателю, но приобретают несколько другое восприятие, когда речь заходит об оперировании с четырехмерным пространством.

1. Развертка. Вернемся к нашему кубу. Очевидно, что куб можно разложить на 6 квадратов (рис. 7). Но что есть развертка? Фигура, получающаяся на плоскости при таком совмещении точек данной поверхности с этой плоскостью, при котором длины линий и форма граней остаются неизменными. Но это справедливо лишь для ситуации, когда трехмерное тело разворачивают на двухмерную плоскость. Если же мы будем разворачивать четырехмерное тело, то в итоге получим трехмерную фигуру. Объем в привычном нам понимании, из которого, при большой фантазии, можно буквально высечь форму нового здания либо получить составные части сложной формы, из которых можно составить будущую форму здания. При должном уровне изобретательности с такой разверткой можно сделать очень многое. Для наглядности: тессеракт, или 4-куб, может быть развернут в трехмерное пространство и предстать в виде 8 обычных кубов (рис. 8). Вариантов развертки может быть много. Аналогично, вариантов трехмерной развертки тоже не мало. Если учесть, что поверхности бывают не только плоскими, а 2-го порядка, а тело может быть симметричным и ассиметричным, то разнообразие полученных форм может быть бесконечно велико.

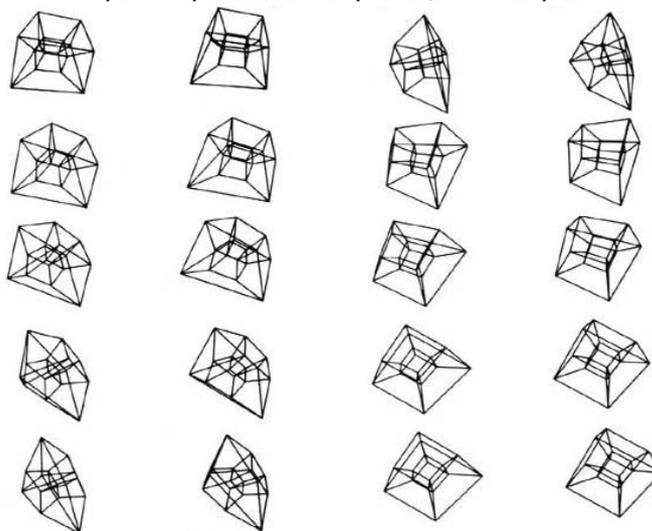


2. Проекция – тут все тоже довольно просто и понятно. Подобно тому, как аксонометрический чертеж объемной детали – это совокупность точек и линий на плоскости, так и некоторая проекция четырехмерного тела – это трехмерное тело (рис. 9). совокупность точек и линий, только уже не на плоскости, а в пространстве с разрядностью на порядок выше. Если вспомнить, со скольких ракурсов мы можем спроецировать на плоскость самый простой 3д куб, то становится понятно, что многообразие возможных форм также очень велико.

Итак, мы познакомились с самой идеей на примере простого тела – куба. Однако, если вспомнить, какое многообразие форм в нашем привычном мире (шар, цилиндр, додекаэдр, икосаэдр и т. д.), и тот факт, что с

повышением разрядности пространства появляются все новые и новые объекты, можно себе представить, какие широкие творческие возможности открывает перед нами многомерное пространство. Что, скажем, может получиться, если развернуть четырехмерную фигуру, которая состоит из поверхностей n -ного порядка, да вдобавок еще и ассиметрична? При должной фантазии можно себе представить.

рис. 9. различные проекции тессеракта.



В заключение темы хочу лишь добавить, что сама идея достаточно нова и неуклюжа, так как архитектор стал целенаправленно разрабатывать геометрию зданий лишь относительно недавно, когда появилась необходимость действительно удивлять человека на улице необычностью форм. Нельзя однозначно утверждать, получится ли применить многообразие форм в архитектуре, но можно утверждать, что формы действительно будут необычными, непонятными и новыми.

УДК 726.54

ПРАВОСЛАВНЫЙ КАНОН И СОВРЕМЕННАЯ КУЛЬТОВАЯ АРХИТЕКТУРА

Т.В. Лебедева

Научный руководитель М.Е. Меркулова

Сибирский федеральный университет

Древнерусская храмовая архитектура с XI до кон. XVII века развивалась в соответствии с религиозными канонами (пришедшими из Византии)

и местными традициями. С началом правления Петра I и ориентированности на западное светское искусство внешний облик православных храмов стал определяться развитием западноевропейских художественных стилей. Несмотря на стилистические новшества, на протяжении всей истории архитектура православных храмов была подчинена канону. За тысячелетнюю историю православия в нашей стране сложился гигантский опыт проектирования церквей. Культовая православная архитектура представлена сооружениями разных типов, объемно-пространственной композицией, способами декоративного убранства. Среди них – величественные соборы и небольшие посадские храмы; храмы, подчиненные строгим требованиям крестово-купольного канона и храмы, в которых это канон смело переработан; храмы аскетично-суровые и пышно изукрашенные.

Первые каменные церкви на Руси представляли собой типичные византийские крестово-купольные храмы. В дальнейшей истории русского храмо-строительства характеристики типичного храма видоизменялись под воздействием многих факторов – изменений в церковном сознании, новых конструктивных решений и строительных материалов, влияний западноевропейской архитектуры.

Многообразие архитектурно-художественных решений является свидетельством того, что канона в прямом смысле как свода твердо установленных правил никогда не было. Можно выделить лишь ограниченное количество достаточно строго соблюдаемых правил, отражающих смысл православного вероучения. Это ориентация храма по оси восток-запад алтарем на восток (Второе пришествие Христа ожидается с востока); венчание храма крестом, как символ спасения Крестной жертвы Христа; отделение алтаря от части храма, где стоят молящиеся (алтарь – образ Небесного Царства, где пребывает Бог); приподнятость здания храма над поверхностью земли и алтаря с солеей над поверхностью собственно храма (отражение ступеней духовного восхождения от земного к небесному). В рамках этих правил современный проектировщик имеет широкий выбор архитектурно-композиционных решений.

Процесс развития церковного строительства в России был прерван в 1917 г. Современная храмовая архитектура пытается быть традиционной и каноничной, так как в результате 70-летнего перерыва сложилась ситуация, когда новые храмы приходится строить, преодолевая почти вековой культурно-исторический разрыв между духовными идеалами прошлого и мировоззрением наших современников.

Вопрос соответствия традиций и современности является одним из основных в современной церковной культуре.

Многие из современных архитекторов считают, что нужно вернуться почти на век назад и продолжить то, на чем храмовая архитектура остановилась в 1917 г. Как бы то ни было, все стили и стилевые направления, ко-

торые мы теперь находим в храмовом зодчестве предреволюционного периода, являются той базой, опираясь на которую развиваются традиции русской храмовой архитектуры.

Архитектор М. Филиппов считает, что православный храм не совместим с модернизмом: «Православная архитектура – именно и только православная, я имею в виду русская, греческая, сербская – за весь двадцатый век не построила ни одного храма модернистской эстетики! Есть много католических храмов, построенных в модернизме, еще много протестантских, есть мечети, синагоги... Православных нет! А почему? Потому что модернистская эстетика – это эстетика синтеза, анализа и распада, это эстетика разложения мира на абстрактные составляющие, квадратики, кубики, кружочки, эстетика сеточек, которыми покрыто все в модернизме: от туалетов до небоскребов. Это нервные или, наоборот, лапидарные силуэты современных зданий. Они не могут быть градостроительными образами духовного центра города или района, какими были купола и венчания храмов и колоколен».

Архитектура храма прямо зависит от богословия и является «проповедью в камне». Закономерно возникает вопрос о том, что же она будет проповедовать, если произвольно изменить каноническую традицию создания православного храма? Не станет ли это «ересью в камне» (или «в стекле»)?

Православный храм – это, прежде всего, Литургия, ритм и обустройство храмовой службы, поток прихожан (закономерно движущийся) и т. д. Т. е. функции здания и художественный образ не должны противоречить друг другу, а должны быть тождественны общей для них концепции.

Храм всегда насыщен символикой с четким смыслом. Известно, что пятиглавие означает Христа и евангелистов, купол – это символ неба, крест в плане – символ креста Спасителя. Мы по инерции продолжаем в современном проекте храма считывать эти значения. Возникает вопрос – правильно ли обращение к традиционному, знакомому нам образу храма или же нужны поиски новых решений, лежащие в русле современной архитектуры. Вопрос неоднозначный, тем более что в веками формировавшийся облик церкви уже заложены определенные знаки, отвечающие нашему представлению о божественном. Ходя от них, найдем ли мы что-то ценное?

Сегодня в церковной архитектуре различимы две противоположные тенденции. В одном случае это копирование и воспроизведение с различной степенью схожести форм старины. Иногда это происходит осмысленно, иногда нет, и тогда теряется внутренний смысл этих форм. В другом случае это попытка отойти от исторических традиций, найти новые формы, которые иногда полностью теряют свой внутренний смысл. Вторую

тенденцию очень ярко продемонстрировали итоги Международного конкурса проектов русского культурного и духовного центра в Париже.

Проектируя ключевой объект комплекса, русский православный храм, соревновавшиеся архитекторы обращались за вдохновением к традиционным церковным сооружениям разных типов и периодов. В проектах финалистов ясно угадываются образы храмов Владимирской и Московской Руси, Пскова, деревянных храмов русского Севера, Петербурга эпохи классицизма. Некоторые авторы, в том числе и команда победителей, в соответствии с установкой заказчиков постарались объединить традиционные черты с элементами современной архитектуры. Предлагаем рассмотреть проект, выигравший конкурс, и несколько работ, вышедших в финал [2, 3, 4].

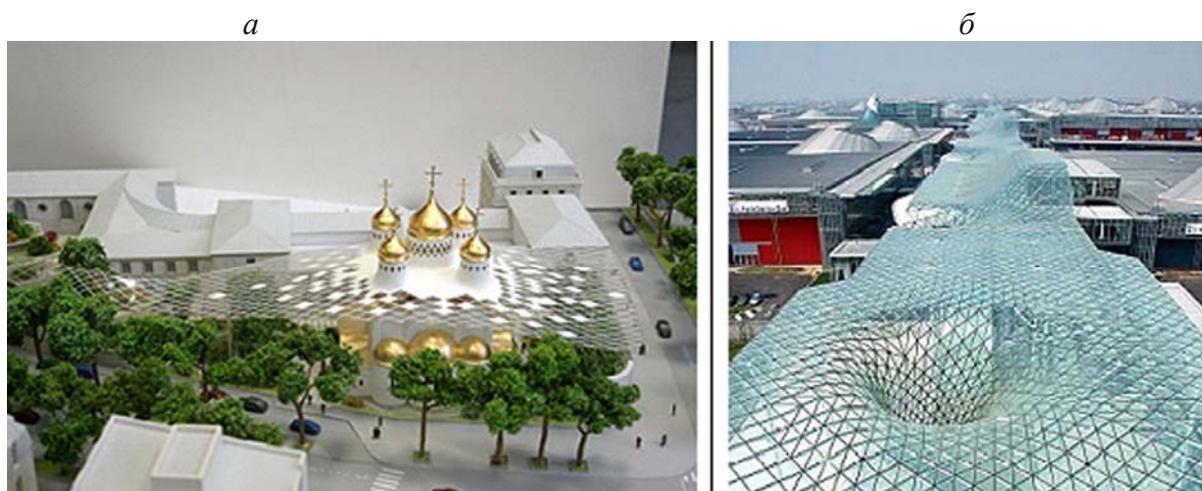


Рис. 1. а – проект – победитель Международного конкурса проектов русского культурного и духовного центра в Париже (архит. М. Яновский, московское архитектурное бюро «Arch group»); б – ярмарочный комплекс в Милане / архит. М. Фуксас)

Победителем стал проект Мануэля Яновского и ООО «Архгруп» (рис. 1, а) Авторы погрузили свой храм как бы в аквариум. Традиционный крестово-купольный четырехстолпный, пятиглавый храм находится в стеклянном аквариуме, накрытом вместе с садом, окружающим храм, волнистым стеклянным покрывалом с торчащими наружу и святающимися изнутри в ночное время стеклянными куполами. Стеклянная крыша плывет: очень похоже на ярмарку, построенную Фуксасом в Милане (рис. 1, б). Но там, в торгово-выставочном здании, образ потока уместен (деньги, информация, товары – все течет). А храму, роль которого – быть Царствием Божиим на земле, который никак не связан с временностью, а, наоборот, с вечностью, образ потока как-то не пристал. Можно, конечно, сказать, что это текучее стекло символизирует бурное житейское море или библейский потоп. Но в таком случае он «сносит» храм, оказывается сильнее его. Колокольня, которая всегда была высотной доминантой в городе, оказалась

почему-то в яме, в стеклянной воронке. Т. е. «утонула». На самом деле авторы хотели просто дистанцироваться от форм древнего храма, а стеклом обозначить современность.

Ф. Борель завернул храм в бетонные драпировки (рис. 2, а). Оно бы было, может, и неплохо, если бы речь шла не о храме, а о музее православия, к примеру. Но в чем значение этих драпировок, из которых высовывается одна главка? В записке к проекту сказано, что бетонная лента воплощает эволюционное движение по спирали, начинаясь от борозды в земле и заканчиваясь в алтаре. О какой эволюции речь? От язычества к христианству? Если бетонная лента – язычество, а главка – христианство, то язычества как-то многовато. И зачем оно в образе храма?

К группе авторов, увлекшихся русской экзотикой, относится Д. Лёгран. Он сочинил довольно живописную цветную пирамидку из главков, которых почему-то двадцать четыре (число, никак с христианством не связанное).

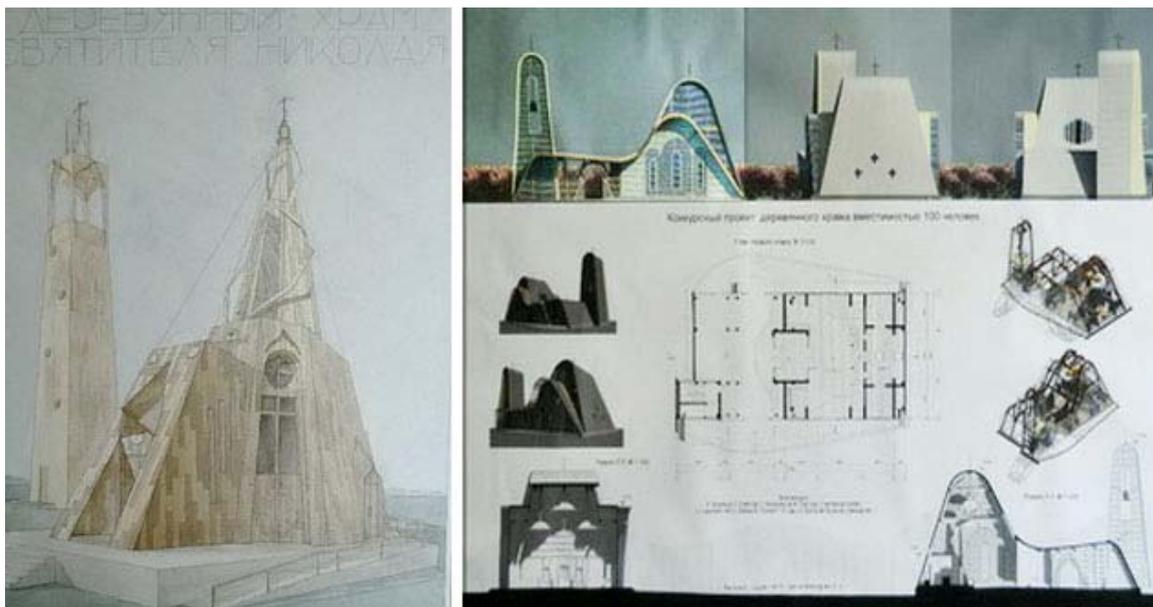


Рис. 2. Международный конкурс проектов русского культурного и духовного центра в Париже: а – проект Ф. Бореля (Франция); б – проект Д. Лёграна (Франция)

Как скульптура в городе она вполне могла бы существовать, украшая спальный район или вход в какой-нибудь небоскреб, но для храма такое решение все же неуместно (рис. 2, б).

Попытка создания нового образа храма отражена и в проектах, представленных на конкурс студенческих работ "Инновационный проект православного храма из дерева» инициированным Российским Комитетом Европейского Совета по селам и малым городам (ЕКОВАСТ) в 2011 г. Участники конкурса попытались соединить в своих работах с одной стороны узнаваемость образа, с другой – новые формы (рис. 3) [5].

Представленные конкурсные проекты заставляют задуматься о том, где находится «золотое» соотношение между православным канонem и современной архитектурой, и вообще может ли быть православный храм в модернистских формах?



*Рис. 3. Конкурс студенческих работ
«Инновационный проект православного храма из дерева»*

Чтобы дом не разрушался, а его стены не трескались, необходимо строительство фундамента. В храмовом зодчестве традиция является тем фундаментом, на котором надо возводить новые идеи.

Список литературы

1. Православные храмы. В трех томах. Том 1. Идея и образ. МДС 31-9.2003/ АХЦ «Арххрам». – М.: ФГУП ЦПП, 2004.
2. <http://ec-a.ru/index>.
3. <http://www.gazeta.ru/photo/38101/3558417.shtml>
4. http://www.liveinternet.ru/users/stat_masterom/post156825396/
5. <http://www.ecovast.ru/competition.htm>

УДК 719

АРХИТЕКТУРНАЯ АРХЕОЛОГИЯ И ХАЙ-ТЕК

Ю.А. Семенова

Научный руководитель Н.И. Греков
Сибирский федеральный университет

Точка зрения. Сохранение архитектурно-археологических памятников «in situ» (на месте строительства объекта) – практика с многолетней историей. Например, об интересе к древним памятникам в Риме с целью их

публичного показа упоминается еще в письменных источниках XVI в. В наше время процесс сохранения «ископаемых» памятников архитектуры на месте их создания становится в городской черте все более сложным – из-за неизбежного требования роста современного города. В связи с этим активно развивается практика сохранения археологических памятников в специально построенных защитных сооружениях, а не «под открытым небом». И эта практика показывает, что в техническом отношении намного проще содержать раскопанный памятник, если он находится внутри современного сооружения.

Сохранение памятников «in situ» зависит от множества факторов, таких как социополитические условия конкретного поселения, существующие административные и законодательные рамки, финансовые возможности города, заинтересованность соответствующих государственных органов и частных лиц, наличие научно-исторического и археологического потенциала и т. д.

Практика подтверждает, что принятие решения сохранения памятников в их изначальном окружении способно не только увеличить общественную значимость исторической территории, но и гарантировать физическую и интеллектуальную доступность памятника специалистам-археологам и широким слоям населения. И, напротив, политика в отношении памятника, основанная исключительно на научно-исследовательских критериях, приводит в конечном счете к ограниченной доступности исторического объекта, либо к его уничтожению – как в процессе научного исследования, так и благодаря хозяйственной деятельности.

Пример. Один из самых ранних примеров научно обоснованного содержания, раскрытого археологами памятника – остатки раннесредневековой фортификации Cripplegate в Лондоне (рис. 1), которые были законсервированы и выставлены для широкого обозрения. Открытие археологами фрагмента римской крепости было крайне важным для понимания ранней истории Лондона.

Памятник в настоящее время экспонируется в интерьере современной подземной автостоянки, хотя на начальном этапе работы с руинами специалистами рассматривался вариант открытого экспонирования. Музеефикацию руин нельзя назвать полностью удачной, так как выставочное помещение имеет небольшую высоту, и доступ посетителей к памятнику ограничен. Кроме того, экспонирование уникального памятника в подвальной помещении не позволяет раскрыть огромную научную значимость памятника и его роль в историческом становлении Лондона.

Архитектура музея «Церковь Св. Колумбы» (Кельн, Германия), выстроенного сверху археологических руин, создает определенные образы и настроение в соответствии с историзмом экспозиции (рис. 2 и 3). Старое и новое в интерьере пробуждает воображение зрителя и заставляет почувст-

воват атмосферу разных эпох. Здание состоит из двух корпусов; больший из них включает в себя остатки разрушенной церкви. В глубине участка на месте бывшего церковного кладбища устроен небольшой полуоткрытый двор. Для сохранности археологический раскоп заключен в некий саркофаг. Автор проекта (арх. П. Цумтор) перекрыл древние руины бетонным потолком, а музейные помещения разместил над ними. В промежутках расставлены тонкие колонны, поддерживающие этаж с галереями. Масивность сооружения контрастирует с тонкой фактурой поверхности стен. Над руинами устроена деревянная дорожка для изучения «слоев» кельнской истории.



Рис. 1. Западные Ворота, Cripplegate (фото S. McCarthy)

Главный объект музея – пространство с руинами, которое своим оформлением напоминает интерьер романского собора. Редкие светильники освещают фрагменты руин, но основной источник света – «перфорация» в стенах здания. Контраст темного зала с бликующими стенами и цветными витражами создает фантастическое зрелище. Современная хайтек-архитектура «прорастает» сквозь средневековые руины. Дизайн экспозиции соответствует замыслу кураторов музея, подчеркивая мысль о единстве духовных ценностей прошлого и настоящего.

На берегу большого озера Мйоса в Хамаре (Норвегия) находятся руины собора, построенного в сер. XII в. Расположение на самой высокой точке прибрежного мыса сделало собор в свое время самым значительным визуальным ориентиром в ландшафте. Собор являлся ярким представителем романской архитектуры с более поздними готическими дополнениями. Во время Скандинавской Семилетней войны (1570-е гг.) собор был сожжен и разрушен. Все, что осталось от него – несколько пролетов стены с ко-

лоннами и арками. Варварство завоевателей, зимние холода и атмосферные осадки в течение нескольких веков практически уничтожили собор, превратив его в безжизненные руины, но в наше время остатки сооружения вновь оказались востребованы. В 1998 г. над руинами был сооружен защитный навес, который дал возможность сохранить тысячелетние руины собора для будущих поколений (рис. 4).

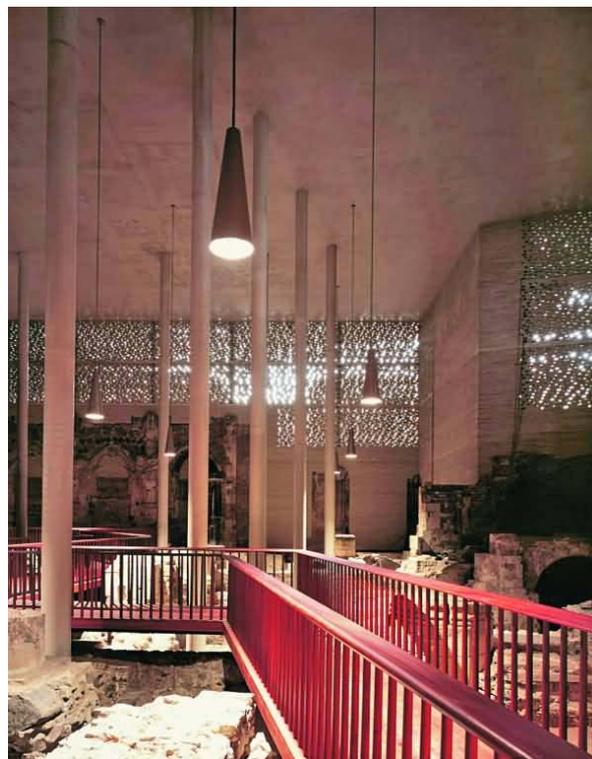


Рис. 2 и 3. Музей «Церковь Св. Колумбы». Фасад современного сооружения с включением фрагментов старой постройки; интерьеры (фото В. Бабурова)



Рис. 4. Защитное сооружение над руинами собора в Хамаре (фото Т. Frogner)

Защитный навес – самое большое в Европе сооружение из стали и стекла, покрывающее участок земли в 2600 кв. м.; стальные фермы несут на себе 4800 кв. м. стекла. Данный пример является не только новацией в деятельности по сохранению историко-культурного наследия: строительство сооружения олицетворяет собой соединение великолепной хай-тек-архитектуры и современных технологий. Внутреннее сооружение (арх. К. Лунд), названное людьми «Стеклянным Собором», получило международное признание. Кроме основной функции сооружения – защиты руин древнего собора, «Стеклянный Собор» является замечательным примером объединения старого и нового. Историко-культурная значимость места и ценность древних руин значительно выросла с появлением новых возможностей для организации экскурсий, проведения церковных служб, устройства концертов, исторических постановок и т. д.

На постсоветском пространстве интересным примером является защитное сооружение над раскопом в археологическом музее «Берестье» (Брест, Белоруссия). В 1970-х гг. на месте древнего поселения проводились раскопки и были выявлены десятки деревянных построек XI-XIII вв., уличные мостовые, ограждения, глинобитные печи, многочисленные предметы материальной культуры (рис. 5 и 6). Высокая концентрация хорошо сохранившихся построек позволила создать уникальный музей на раскопе, защищенный специальным павильоном (40 x 60 м) из бетона, стекла и анодированного алюминия, который своей формой напоминает одновременно и древнее жилище, и пласты земли, «открывающие» город того времени.



Рис. 5 и 6. Главный фасад защитного павильона над археологическим раскопом в музее «Берестье»; фрагмент экспозиции из деревянных домов (фото М. Жих)

В музее представлено множество экспонатов, но основой экспозиции музея является раскоп с остатками жилых и хозяйственных построек.

Мощный культурный слой и высокая влажность позволили сохранить многие из построек на высоте от 5 до 12 венцов. Возле музеефицированного раскопа размещена постоянная выставка вещественных находок.

Вывод. Сохранение и музеефикация археологических раскопок в современных городах, имеющих многовековую историю развития – многосторонняя, чрезвычайно сложная и ответственная задача. Она связана с потребностью признания обществом не только историко-научной, но и социальной ценности памятника. Притягательность остатков древних сооружений («материализованный историзм») приводят к необходимости перевода архитектурно-археологических памятников из сугубо профессионального научного использования в т. н. «коллективное владение» – в качестве музейных экспонатов.

Остатки древних построек, располагаясь внутри современных защитных сооружений из бетона, металла и стекла, как показывает практика, пользуются повышенным интересом у туристов. Контраст в архитектуре ультрасовременного защитного «панциря» и исторических руин не только привлекает внимание зрителя, но и разжигает его воображение, вызывает стремление глубже изучать историю своего отечества и историю мировой цивилизации. Музеефицированные и экспонируемые в современных «хайтек»-сооружениях архитектурно-археологические памятники являются, как правило, заметными художественными и историческими ориентирами в ткани города. Современные защитные сооружения, очень часто имеющие уникальные конструктивные и художественно-образные решения, позволяют бесконечно долго сохранять бесценные исторические памятники, делать комфортным их дальнейшее научное исследование и использование руин в качестве музейных экспонатов.

Градостроительство

УДК 725 (571.1)

ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЦЕНТРОВ НОВЫХ ГОРОДОВ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XX ВЕКА

С.Г. Авласко

Научный руководитель В.И. Царёв

Сибирский федеральный университет

Центр города является сложным структурным элементом, связывающим между собой все части градостроительной системы. От его планировочного и объемно-пространственного решения зависит функционирование и развитие всего города. В данной статье рассмотрены основные принципы формирования и развития общественных центров сибирских городов, созданных во второй половине XX в., таких как Назарово, Шарыпово, Лесосибирск, Дивногорск, Сосновоборск, Козьмодемьянск, Бородино, Железногорск, выявленные на основе анализа генеральных планов и реализации проектных предложений.

В 1950-х г. – на первом этапе становления новых сибирских городов, охватывающем послевоенный период, архитектура, по замыслу зодчих, должна была выражать торжество победы советского народа и создавать среду, способствующую воспитанию гармонично развитого советского человека. Проектирование города как цельного завершенного ансамбля с единым художественным замыслом и торжественной архитектурой являлось основным средством достижения этих целей. Центр города выступал главным звеном этого архитектурного ансамбля, представляя собой линейную систему площадей, развивающуюся по главной композиционной оси магистрали, обрамленной кварталами жилой застройки (например, проект города Железногорска 1951 г.). Главная городская площадь, где устанавливался монумент Ленину, формировалась ансамблем общественных зданий, решенных в единой архитектурной стилистике. Центр сообщался с прилегающими территориями коммунальной зоны, больничного городка посредством пешеходных озелененных бульваров и аллей. Связь города с его природным окружением как единым целым подчеркивалась направлением главной магистрали, имевшей продолжение в виде парковой аллеи. Линейное формирование планировочной структуры центра предполагало

присутствие в теле города окружающей сибирской тайги, которая проникала в него зелеными бульварами.

На следующем этапе градостроительной деятельности (1960-е г.) проектная модель единого завешенного городского ансамбля, остающегося в своем неизменном виде на все времена, оказалась нежизнеспособной по причине произошедших социально-экономических изменений в стране. На смену ей в проектную практику пришла новая модель города, территориально растущего и требующего от проектировщиков решений градостроительных задач по его дальнейшему развитию. В частности, ввод в генеральные планы городов новой структурно-планировочной единицы – микрорайона повлек за собой изменения не только в сетке улиц, схеме обслуживания и всей планировочной структуре, но и в принципах построения объемно-пространственной композиции общегородского центра. Смена квартальной застройки на микрорайонную стала причиной укрупнения модуля структурного членения и градостроительного масштаба городской среды. Этажность в основном принималась в пять этажей, но с введением групп 9-ти этажных домов. Городское ядро формировалось, как правило, на пересечении двух главных магистралей (например, генплан города Назарово 1960-х г.). Главная композиционная ось делила центральную часть города на два жилых района, исходным планировочным элементом которых являлась группа жилых домов с объектами общественного обслуживания. Из таких многократно повторявшихся комплексов формировались жилые районы. Размещение их по живописно изогнутым линиям помогало достигнуть разнообразного восприятия застройки с разных ракурсов. Пространственная композиция центра города решалась формированием ансамбля площадей, размещавшихся анфиладой вдоль магистрали от главной площади с монументом Ленину до городского парка на берегу реки.

Появление в градостроительной практике жилых районов обусловило необходимость усложнения схемы общегородского центра, которое было связано с созданием системы районных подцентров, и организацией их связей с главным центром. Проектные решения планировочной структуры городского центра принимались с учетом дальнейшего его развития в сторону новых селитебных образований. При этом она усложнялась до системы нескольких взаимосвязанных частей: административной, культурно-просветительской, учебной и торговой.

Этапом наиболее продуктивной проектной деятельности в сибирских регионах стали 1970-е г., о чем свидетельствует большое количество разработанных генпланов для рассматриваемых городов. В эти годы получили дальнейшее развитие принципы проектирования предшествующих десятилетий, а также вырабатывались новые. Значительно возросло внимание проектировщиков к естественному ландшафту и его особенностям. Структура города в проектах тесно связывалась с природным окружением, а го-

родской центр, как главный узел этой взаимосвязи, стал трактоваться своеобразной зоной отдыха, в которой размещалась насыщенная зеленью эспланада, проложенная по главной магистрали и раскрывающаяся к реке или водоему. Модуль структурного членения города подбирался не только из соображений соблюдения радиусов доступности, но и по принципу со-масштабности окружающему ландшафту. Естественная растительность включалась в систему озеленения центра, которая образовывала зеленый композиционный каркас жилых единиц, распределяясь по транспортным и пешеходным путям, входя в дворовые пространства школ и жилых групп, создавая выходы в природное окружение. Активное участие рельефа в построении композиции центра позволило придать дополнительную выразительность его архитектуре. Для достижения этого проектировщики выбирали наиболее представительные, с точки зрения пространственных связей с природными доминантами, площадки, на которых ансамбль центра хорошо просматривался с набережной или при въезде в город, и откуда открывались живописные виды на окружающую природу. Большое внимание проектировщики стали уделять формированию силуэта и панорамы городской застройки. Для данного этапа градостроительной деятельности примечательно то, что в проектных документах стали разрабатываться схемы пространственной организации центра, графические панорамы застройки, развертки по набережным и главным магистралям. Это было обусловлено тем, что в те годы перед градостроителями стояла задача, используя скромный набор средств художественной выразительности в архитектуре, спроектировать интересный живописный и запоминающийся город. В помощь проектировщикам пришло много приемов построения выразительной объемно-пространственной композиции и представленные в проектах графические панорамы и развертки служили, своего рода, демонстрационным материалом, подтверждавшим решения поставленных задач.

В проектных предложениях генеральных планов данного этапа автором выявлены характерные композиционные приемы построения общественных центров исследуемых городов. Представляя собой сложную пространственную структуру, они являются взаимосвязанным ансамблем, единство которого достигается в проектах путем объединения в группы общественных зданий на основе общности их функционального назначения (административная, общественная, культурно-просветительская, торговая, спортивная, больничная и учебная). Центр города – важнейший структурный узел, связывающий воедино все основные части города и находящийся на пересечении главных транспортных артерий. В рассматриваемых генпланах он связан с зонами отдыха и станциями внешнего транспорта, обеспечивающими его жизнедеятельность. Взаимосвязь центра с прилегающими зонами делала его более интересным и привлекательным для горожан. Единый ансамбль городского

ядра со сложными пространственными связями его отдельных объемов и частей приобретал разветвленную структуру и проектировался таким образом, что его градостроительное пространство раскрывалось перед зрителем постепенно по мере движения по нему, где неотъемлемо участие природы, водных акваторий, открытых пространств. Проектировщики пользовались приемом волнообразного нарастания этажности при приближении к центру, создавая эмоциональный напряженный характер застройки, как например, в генпланах городов Лесосибирска и Сосновоборска. Там, где восприятие композиции определялась скоростью движения пешехода, было необходимо разнообразие открывающихся видовых картин, их быстрая смена, небольшое расстояние между точками, с которых раскрывались различные перспективы, богатство пластики застройки и детализации фасадов. К скоростным магистралям комплексы застройки обращались, как правило, фронтом, где преобладает широкий пространственный размах, а акценты расставлены не часто. Поэтому застройка решалась в крупном ритме групп высотных домов в сочетании с протяженными элементами небольшой этажности. Контраст между ними придавал выразительность городскому силуэту. Для некоторых микрорайонов, выходящих фронтом на главные магистрали, разрабатывались индивидуальные решения главных фасадов.

Следует отметить, что предложенная в проектах этажность застройки городских центров сильно возросла на данном этапе и достигала иногда двадцати этажей. Это позволяло не только экономить территорию, но и пространственно фиксировать основные композиционные оси, градостроительные узлы и пути движения к ним, а также создавать систему высотных ориентиров в масштабе городского пятна. Расстановка высотных акцентов в общегородском центре согласовывалась с силуэтом набережной, который определялся не только сооружениями ближнего плана, но и объемами, стоящими от берега на расстоянии. Ансамбль самой набережной решался чередованием застроенных участков и свободных озелененных пространств, объединенных с ансамблем общегородского центра.

Помимо рассмотренных характерных особенностей генпланов данного этапа, имели место экспериментальные модели взаимосвязи общественного центра и жилой застройки, решенные по принципиально новым схемам, одна из которых предлагалась, например, для города Сосновоборска в 1975 г. Микрорайон, прилегавший к главной магистрали центра, раскрывался на нее посредством широкого пешеходного бульвара с учреждениями обслуживания, который уходил в его глубь и завершался высотным зданием в центре микрорайона. Данная идея к реализации не была принята, как и другая, предложенная для центра города Дивногорска (1972 г.), которая предусматривала устройство на наиболее крутом участке рельефа движущегося тротуара, соединявшего железнодорожный вокзал с главной

площадью города. Новые идеи не получили практического воплощения в те годы, главным образом, по экономическим соображениям.

Следующий этап проектирования (1980-е г.) характеризуется активным использованием уже наработанных в предыдущие десятилетия приемов и принципов формирования городов и их центров. Однако реальные пути дальнейшего формирования каждого из рассматриваемых городов были различными. В одних случаях прогнозы развития архитектурно-планировочной структуры и численности населения городов не оправдывались. Корректировка прежних генпланов была вызвана необходимостью перехода на малоэтажное строительство и разуплотнение застройки как, например, в Лесосибирске (1985 г.). В других случаях продолжалось проектирование по принципам 70-х гг. (например, города Бородино, Козинск и Шарыпово). Вместе с тем, в 1980-х гг. проектировщики предложили новую концепцию градостроительной системы – города-леса, основывающуюся на создании внутригородского экологического каркаса. В проектных решениях предлагалось рассматривать композицию города как своеобразный живой организм, имеющий возможность дальнейшего развития на всех стадиях строительства, и в случае необходимости замену одного структурного элемента другим. Архитекторы рекомендовали активно использовать в озеленении хвойные породы, формируя силуэт, характерный для сибирского города. Эти идеи отразились в проектах тех городских центров, в структуру которых включались крупные зеленые массивы как, например, в генплане правобережного Козинска (1987 г.). Опоясывающее центр озеленение позволяло пространственно вычленить его ансамбль в застройке города. Применение цвета должно было дополнительно способствовать достижению гармоничного сочетания архитектуры и ландшафта, выявлению закономерностей в композиции и повышению значимости архитектуры отдельных зданий.

На этапе 1990-х г. проектная градостроительная деятельность в сибирских регионах была направлена на анализ сложившейся планировочной и объемно-пространственной структуры городов, уточнение спорной застройки, корректировку основных и второстепенных узлов и осей, на преодоление структурно-функциональных разрывов между планировочными элементами, сохранение целостности городского образования и устранение последствий искаженной реализации ранних генпланов. Все это служило решению задач, связанных с продолжением формирования городов как целостных планировочных образований.

Современное архитектурно-планировочное состояние исследуемых городов и их общественных центров можно характеризовать как материализовавшуюся архитектурную модель социально-экономических проблем и противоречий данного периода в истории страны. Эта модель отражает в себе не только разрозненные фрагменты концептуальных идей, сменявшие

одна другу почти каждое десятилетие, и попытки советских архитекторов создать качественную архитектурную среду, но и парадоксальное сочетание проектно-нормативных требований к архитектуре и условий финансирования строительства. В большинстве случаев, значительные искажения и незавершенность городских ансамблей при реализации проектных идей развития городов сказались, в первую очередь, на снижении качества градостроительной среды. Но есть и положительные моменты. В частности, для данных городов удалось осуществить идею неразрывного сосуществования города с окружающей природой. Центры городов сохранили пространственные связи с элементами природного окружения и створы их магистралей открывают выразительные перспективы на склоны гор, зеленые массивы, водные акватории водоемов и озелененные поймы рек.

Во второй половине XX в. строительство новых городов велось на каждом этапе с использованием имевшихся конструктивно-технологических ресурсов, поэтому сегодня, двигаясь по городским улицам от общественного центра к периферии, можно проследить развитие архитектуры сибирского региона более чем за полстолетия. Эта особенность городов скорее относится к положительным чертам и придает им культурно-историческую значимость.

УДК 711.01

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВИЗУАЛЬНОГО ОБРАЗА КРУПНОГО ГОРОДА (на примере Красноярска)

Е.Н. Логунова

Научный руководитель И.Г. Федченко

Сибирский федеральный университет

Города имеют неповторимый внешний вид, возникая и развиваясь в своеобразных природных условиях и в разные исторические времена. Их архитектурный облик отражает эстетико-культурные и экономические взгляды общества, находящегося на определенной ступени развития. Сегодня мы живем в урбанизированном мире. Интенсивное развитие города усложняет его образ. Города меняются, приобретая новый статус, возникают новые образные и символические качества их архитектурно-пространственной среды. **В данной связи, визуальный образ города является непрерывным, развивающимся во времени явлением, зависящий от множества факторов.**

Цель данного исследования заключается в изучении особенностей формирования визуального образа крупного города (на примере Красноярска) с позиции градостроительства, в выявлении «образоформирующих» факторов.

Город воспринимается человеком с различных «плоскостей пространства». Наиболее привычным восприятием города является вид с уровня глаз человека: створы улиц, масштабы площадей, архитектурные и градостроительные ансамбли. Наиболее сложным, «обобщенным» восприятием города является его **визуальный образ в масштабе градостроительства**, при котором складывается впечатление о городе «в целом». При этом хорошо знакомы понятия «силуэт города», «панорама и перспектива города», но какой смысл следует вкладывать в эти определения? Какие факторы влияют на формирование «градостроительного» образа города?

Объектом исследования является г. Красноярск, а предметом исследования – его панорамы и силуэты.

Силуэт – это плоскостное, контурное выражение и восприятие городской среды, на фоне небосклона или ландшафта является вертикальной проекцией плана города.

Панорама – вид местности, обычно с возвышенного места, простирающейся на большое пространство; «одежда», облик города.

На основе натурного обследования автором определяются «образоформирующие» факторы¹, влияющие на силуэт и панорамы города:

1. Ландшафт города.
2. История градостроительного освоения.
3. «Градостроительная ткань», характер и композиция застройки.
4. Функциональное зонирование города.
5. Символические элементы (ориентиры местности);

Ландшафт является доминирующим элементом визуальной среды, способным оказывать многостороннее влияние на качество силуэта города. Поскольку Красноярск занимает территорию, лежащую у подножья горной системы Восточный Саян, город окружен горами, сопками, холмами, покрытыми лесными массивами, придающими ему особый колорит. На фоне горного массива сформировалось камерное, «низменное» городское пространство, дающее ощущение защищенности и уверенности жителям. При построении панорам, ландшафт является основой «визуального плана», передает глубину и масштаб пространства (рис. 1).

По мере своего развития город обретает новые пространства с определенным архитектурно-градостроительным силуэтом. Так, например, исторический центр, выделяется на фоне новых жилых массивов, в силуэте города образуются новые контуры, город приобретает новые панорамы (рис. 2).

¹ **Фактор** (нем. *Faktor* от лат. *factor* — делающий, производящий, движущая сила какого-либо процесса, определяющая его характер или отдельные его черты)

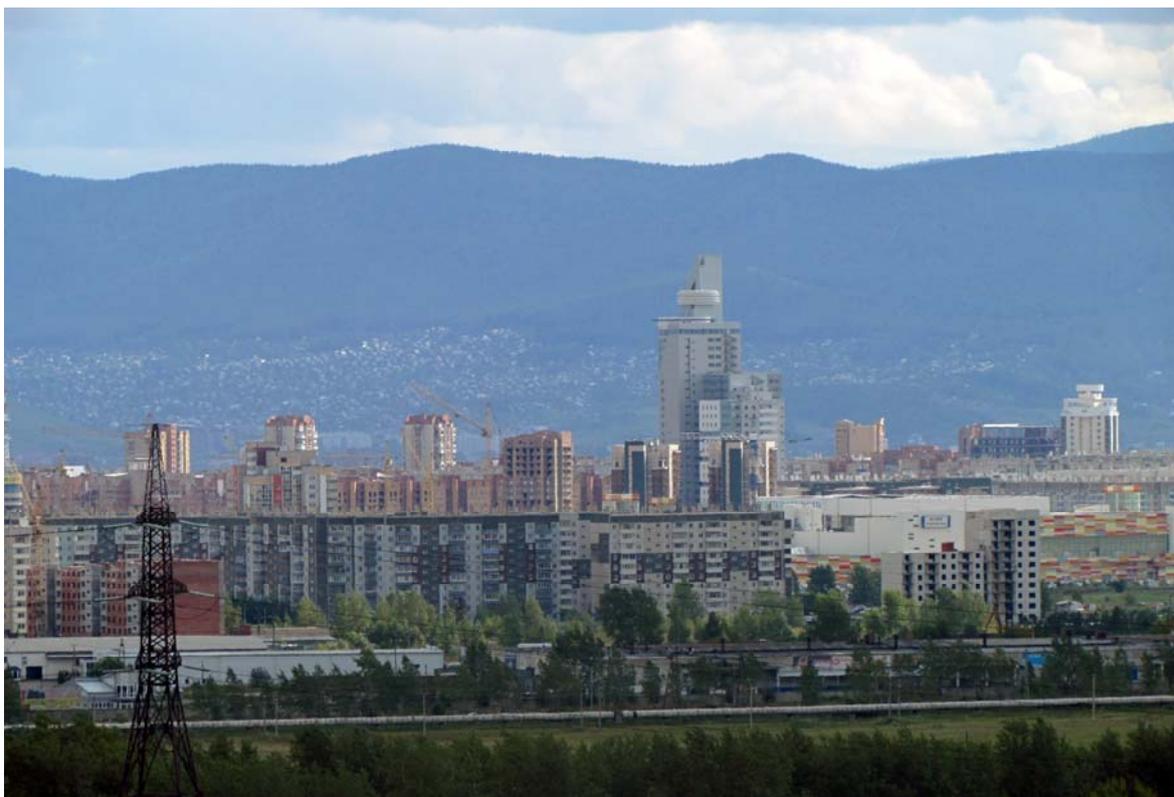


Рис. 1. Ландшафт, как «фон» силуэта Красноярска. Вид на Взлетку со стороны Северного шоссе



Рис. 2. Вид с Покровской горы

«Градостроительная ткань» является основой формирования образа города. Оценка образных качеств архитектурной среды осуществляется благодаря основным физическим характеристикам городского пространства: силуэту, доминантности, цвету, массе застройки, ее форме, которые в определенной степени оказывают влияние на восприятие каждого элемента городской среды. Характерным недостатком в формировании цельного визуального образа Красноярска является агрессивная и хаотичная застройка города при возрастающей с годами «точечности» высотных доминант (рис. 3).



Рис. 3. Силуэт г. Красноярск. Вид на левый берег с набережной возле Спасо-Никольского храма

Градостроительное зонирование города определяет «информационно-функциональный» характер силуэта и панорам города. Так, например, силуэт промышленной зоны формирует определенный характер восприятия, наличие колеса обозрения в левобережной части Красноярск «говорит» о рекреационной зоне города (рис. 4).



Рис. 4. Вид с Октябрьского моста на нефтебазу

В процессе развития города происходит переосмысление его значимости, обновляется образная выразительность элементов, составляющих архитектурно-пространственную среду. Наиболее универсальными в отношении изменений являются символические качества, такие как «ассоциативность» и «знаковость». Кроме того, играя важную роль в композиционной организации города, они становятся носителями визуальной информации при восприятии его образа. Примером такой коммуникативной ситуации является выявление символических элементов в силуэте города. Так, например, часовня Параскевы Пятницы на Покровской горе является «ассоциативным» элементом силуэта и панорамы Красноярск. Характерные градостроительные ансамбли, архитектурные объекты также являются визуально-ассоциативными ориентирами в сложившемся силуэте города (рис. 5).



Рис. 5. Вид с набережной возле Спасо-Никольского храма на историческую часть города

В теории градостроительства существует множество приемов и методов построения гармоничного визуального образа города. К. Линч определяет необходимые качества построения цельного образа. Основные из них: чувство цельного, простота форм, непрерывность, пропорциональность, использование доминант, ясность соединения. Дж. Саймондс подчеркивает важность формирования города как единого целого, выделяя основные качества, такие как: исключение несовместимых элементов, использование ландшафта, введение акцентирующих элементов, введение контраста, исключение монотонности, введение масштаба, построение модуляции вида, логичное завершение перспектив. Саймондс определяет ось, как композиционный «каркас» в построении панорам и силуэтов города.

Итогом данного исследования является разработка аналитической матрицы «Влияние образформирующих факторов на восприятие образа города», с приложением карты-схемы «Видовые точки г. Красноярска».

К сожалению, в настоящее время уделяется мало внимания силуэту Красноярска. Идет интенсивное строительство зданий и градостроительных ансамблей, при проектировании которых, вероятно, немногие архитекторы и урбанисты размышляли о правильности выбранной формы, размера, цвета. Большинство проектировщиков, вероятно, не задумывались о ландшафтном «фоне» построек, об исторической преемственности, об едином замысле силуэта и панорам, в целом о роли своего сооружения в пространственной композиции города. Силуэт го-

рода чрезвычайно хрупок – достаточно нескольких высотных зданий, бездумно поставленных, например, в историческом центре города, чтобы нанести ему огромный ущерб. Нужно искать размеры новых зданий, в зависимости от их расположения в среде, устанавливать доминанты в необходимых местах.

В результате исследования можно сделать вывод о том, что современный крупный город требует комплексного градостроительного подхода в формировании своего индивидуального визуального образа, опираясь на основные «образоформирующие» факторы, чтобы ни в коем случае не потерять уникальность города и не превратить его силуэт в силуэт «бездумно поставленных коробочек». Вышесказанное должно учитываться при планировании города на стадии генерального плана.

УДК 711.01

ПРОБКИ. БОЛЕЗНЬ ГОРОДА

К.А. Малкова, Я.В. Лелюйко
Научный руководитель Я.В. Якимов
Сибирский федеральный университет

Проблема автомобильных пробок на дорогах крупных городов России (Москва, Санкт-Петербург, Нижний Новгород, Казань, Красноярск и др.) и пригородных трасс как никогда актуальна. С каждым годом машин на дорогах городов становится все больше и больше. При этом и к самим дорогам претензий много: плохое качество, неудобные автомобильные развязки, отсутствие надземных/подземных переходов (много светофоров) и объездных дорог для грузовых фур. Дорожные пробки являются актуальной проблемой и в больших городах мира, несмотря на высокое качество дорог. Решение этой проблемы – задача стратегическая.

Каков же зарубежный опыт в решении этой проблемы?

- В Лондоне введены жесткие правила относительно въезда автомобилей в центр города. Установлены высокие тарифы на парковки.

- В Нью-Йорке в качестве «лекарства» от дорожных заторов также используются финансовые сборы с автомобилистов.

- Сингапур пошел по пути создания, если можно так назвать, "умных дорог". Машины оснащаются приборами, которые передают информацию об их скорости и местонахождении в единый центр управления, который автоматически регулирует движение.

- В Китае для ликвидации пробок правительство приняло ряд комплексных мер. Введены ограничения на передвижение по последней цифре номерного знака автомобиля.

Красноярские пробки. Решение проблем

Проблема пробок на дорогах требует решения – чем скорее, тем лучше как для отдельного человека, чье время тратится впустую (ну, разве что пассажир может книжку почитать или поспать в общественном транспорте), так и для экономики города в целом. В дорожных пробках приходится стоять часами. Причина образования пробок ясна:

- ежегодное увеличение количества личного автотранспорта на душу населения;

- отсутствие организации движения общественного транспорта.

К началу 70-х гг. количество автомобилей в Красноярске равнялось приблизительно 100 тыс. единиц, а уже к 2008 г. город вошёл в тройку самых автомобилизированных населённых пунктов России (384 автомобиля на 1 тыс. человек). С увеличением пассажирного потока пропускная способность автомагистралей Красноярска осталась на уровне 70-х гг.

Для выявления самых загруженных транспортом дорог нашего города, проведен анализ пробок с помощью интернет сайта Яндекс.пробки. Для выявления причин и решения их в дополнении к этому проведен социологический опрос 1000 жителей нашего города. В результате чего выявлено, что большая часть опрошенного населения работает в одном районе нашего города, а проживает в другом районе и только лишь одна сотая часть из опрошенных имеют место работы недалеко от своего дома.

Какие же существуют пути решения с пробками? Решения проблем можно найти в организации движения без возникновения пробок. Что можно для этого предпринять:

- Строительство подземных автодорог – дорогое решение. В долгосрочной перспективе также бесполезное, так как под землёй не так уж много места и там работает принцип, который вам подтвердит любой бурьщик или шахтёр: чем глубже – тем дороже.

- Компьютерное управление автомобилями, а именно: табло, электронные щиты, GPS-сервисы, Яндекс.пробки и т. п. Хороший вариант, но весь упор делается на то, чтобы перенести часть автомобилей из более загруженных улиц в менее. Таким образом, можно слегка разгрузить пассажиропоток, после чего резерв улучшений будет исчерпан.

- Расширение дорог за счёт тротуара – потеря бульваров, зеленых насаждений. Пешеходы негодуют. И так негде пройти, а будет ещё хуже. Результат тот же, будет определенное улучшение, но об окончательной победе над пробками говорить не приходится.

- Необходимо решение вопроса с парковками. Сегодня огромное количество автомобилей припарковано у обочин дорог (иногда в два и даже три ряда), что способствует образованию заторов. В зимний период “брошенные” на обочину машины затрудняют работу дорожным службам по уборке снега. Решить проблему с парковками может максимальное затруднение парковки автомобиля в определенных “стратегических” местах путем высоких тарифов или запретов. Или же строительство паркинга, стоимость парковочного места в котором будет значительно меньше административного штрафа.

- Необходимо решать проблему со светофорами, “горящими” красным в отсутствие пешеходов, – оптимизировать их работу (например, укоротить сигналы светофоров). Как вариант бессветофорного движения – построить подземные (надземные) переходы.

- До 70-80 % всех автомобилей имеют “на борту” только одного водителя. Если он будет подвозить до работы своего соседа (соседей), таких же водителей, то пробок будет куда меньше (такая практика применяется в США). Использование автомобиля для подвоза других людей называется carpool (на русском – “кар пул” или “карпул”). На ряде автотрасс в США есть специальная полоса “Carpools only”, по которой запрещено ездить в пустой машине. Экономия бензина при этом очевидна.

- Необходимо активно развивать систему общественного транспорта: пускать на линии автобусы большей вместимости. Также необходимо, где ширина улиц это позволяет, устанавливать приоритетные полосы для общественного транспорта (такие примеры есть за рубежом), с тем, чтобы автобусы могли ходить по расписанию.

- Мера по оптимизации дорожного движения: предлагается ввести в крайних левых полосах реверсивное движение, установить реверсивные светофоры. В случае пробок с одной стороны, включать в работу полосы встречного направления.

- Если расстояние небольшое, лучше пройти его пешком или проехать на велосипеде. Зачастую это удобнее, быстрее и полезнее для здоровья.

- Если возможно, надо стараться не выезжать в часы пик. Чтобы не создавать на дороге затор, необходимо правильно парковать машину. Но, даже если делать все самым лучшим образом, вы все равно можете попасть в пробку. В таком случае избавиться от стресса поможет положительный настрой.

- По возможности выбирать либо работу рядом с жильем, либо жилье рядом с работой.

Конечно же, если жить в большом городе, пробок на дорогах не избежать. И все же, если предпринимать необходимые меры, быть вежливым и терпеливым по отношению к другим водителям, то можно научиться справляться с пробками на дорогах.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЖИЛОЙ СРЕДЫ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО УРОВНЯ НА ПРИМЕРЕ Г. КРАСНОЯРСКА

И.А. Орестов

Научный руководитель И.В. Кукина

Сибирский федеральный университет

История градостроительства насчитывает немало попыток найти оптимальный рецепт взаимодействия жилой среды и общественно-делового пространства. В том числе этапы этого поиска можно проследить и в г. Красноярске. Но на сегодняшний день в основе большинства жилых образований города лежит система общественного обслуживания, сформированная в советский период. В это число также входят жилые массивы, сформированные в 90-х гг. прошлого века, когда территория города застраивалась по точечному принципу, где каждый застройщик отвечал лишь за свой отдельно взятый объект, и никто не рассматривал градостроительную ситуацию в целом. А также современное массовое жилищное строительство, основанное на типовых проектах крупнопанельного домостроения, преимущественно 111-97 серии, которая в свою очередь была освоена еще в 1971-1972 г. Естественно, при создании системы общественных центров советское градостроительство, руководствовавшееся строгой иерархией обслуживания, выделяя центры первичного, повседневного, периодического и эпизодического обслуживания, не учитывало сценария капиталистического развития социально-экономических отношений.

С конца XX в. роли общественно-деловой и торговой функций стали резко возрастать, и на сегодняшний момент в структуре жилой среды города они занимают доминирующую позицию, как в качестве места приложения труда, так и в качестве основы формирования социально-бытового обслуживания и общественного пространства придомовой территории. Естественно, в таких условиях существовавшая система обслуживания, представленная в виде сравнительно небольших по площади помещений, и сформированная до появления данных условий, не могла отвечать в полной мере потребностям растущего рынка, который продолжает устойчиво развиваться и сейчас.

По данным Федеральной службы государственной статистики по Красноярскому краю обороты розничной торговли в среднем по Красноярскому краю в период с 1999 г. по 2010 г. возросли на 107,5 %. А в период с 2006 г. по 2011 г. число организации, занимающиеся розничной торговлей на территории Красноярского края, выросло с 3711 до 7136 единиц (рис. 1).

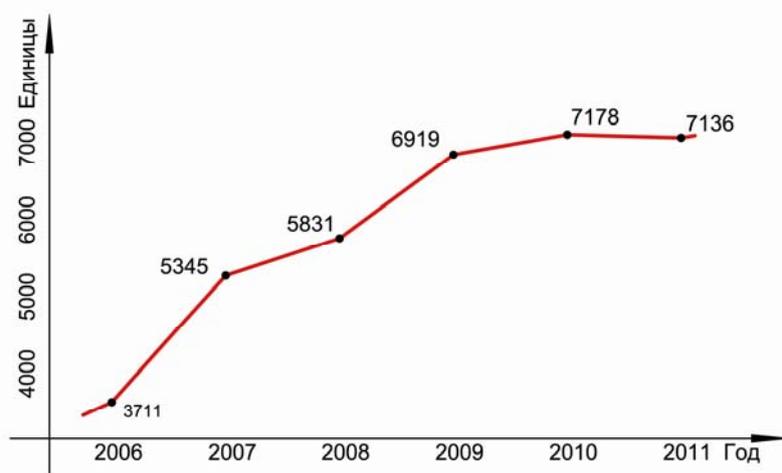


Рис. 1. График динамики роста количества объектов розничной торговли в Красноярском крае

Из которых по данным на 2010 г. в Красноярске насчитывалось 3047 пунктов розничной торговли общей площадью 570581 м². И эти показатели не включают 36 торговых центров (365846 м²) и 207 аптек (10674 м²) а также 2932 торговых павильонов и киосков, общей площадью более 100000 м². И это только сектор розничной торговли. А ведь существует еще масса офисных помещений территориально занимающих нишу именно в жилой среде. Логично предположить, что при такой динамике потребность малого и среднего бизнеса в трансформации жилой среды в общественно деловую функцию будет возрастать и дальше.

Необходимо отметить, что весь этот сектор развивается абсолютно бессистемно, исключительно по правилам рынка, нацеленного в первую очередь на получение максимальной прибыли, а не на учет потребностей города и создание комфортной среды обитания, тем более что какие-либо систематизированные требования в данной области отсутствуют. Следовательно, для улучшения данной ситуации такие требования необходимо создать. Нужно задать вектор развития трансформации жилой среды. Но для этого необходимо целостно проанализировать ситуацию, выявить проблемы, обозначить тенденции развития, изучить мировой опыт. Прежде всего, необходимо как минимум систематизировать все виды трансформации жилой среды.

На сегодняшний день можно выделить четыре основных ступени трансформации жилой среды по масштабу и по отношению к жилой застройке.

Первоначально, в постсоветский период, торговая функция (в первую очередь торговля продовольственными и непродовольственными товарами первой необходимости) вылилась в форму отдельностоящих временных сооружений, расположившихся на придомовой территории (киоск, павильон). Данные образования остаются в жилой структуре и на сего-

дняшний день и являются яркими представителями форм малого бизнеса своего времени из-за сравнительно незначительных затрат, требуемых для развития. Такие киоски и павильоны, несомненно, занимают значительное место в экономической модели розничной торговли города. Но при этом они в большинстве своем не отвечают ни санитарным нормам, ни возрастающим с каждым днем эстетическим потребностям населения. Несомненно, местные муниципалитеты высказывают определенные требования к собственникам таких объектов, например, предпринимателей, желающих установить свой объект в непосредственной близости от автобусной остановки, обязывают устанавливать и сами остановочные пункты, выполненные в едином стиле с самим объектом розничной торговли. Однако данные требования также не систематизированы и носят скорее случайный, чем обязательный характер.

Следующей ступенью функциональной трансформации жилой среды являются квартиры, расположенные на первых этажах жилых зданий. Занимаемая площадь варьируется от десятков до нескольких сотен квадратных метров. По функциональному составу эту нишу обычно занимают под торговлю продовольственными и непродовольственными товарами, а также под офисные помещения с разнообразными функциями. Такая форма собственности привлекательна для бизнеса, которому для привлечения клиентов необходимы фиксированный адрес и своеобразная типология, недоступная в офисных и торговых центрах, кроме того, обладание такой недвижимостью гарантирует некоторую стабильность в случае неудачного развития дела. Данные помещения весьма ограничены по своим физическим параметрам, и поэтому не предназначены для крупного потока посетителей. Чаще всего это либо небольшие самостоятельные организации, либо дополнительные офисы крупных сетевых фирм, имеющих необходимость в представительстве на данной территории. Такие объекты недвижимости имеют гораздо большую материальную стоимость, и поэтому, в сравнении с первой ступенью, при условии той же посещаемости, расчетный срок окупаемости гораздо более длительный, и как следствие расчетный срок службы таких форм собственности гораздо выше, что влечет за собой качественно иное отношение владельца как к самой собственности, так и к окружающему пространству. В таких случаях проводится реконструкция и перепланировка непосредственно квартир, и фасадной части, зачастую с пристройкой лестниц, холодных тамбуров, и прочих конструкций в том числе и рекламных. В зависимости от градостроительной ситуации также производятся работы по благоустройству прилегающей территории.

Третья ступень – трансформация крупных элементов общественного обслуживания. Это бывшие специализированные магазины, крупные обслуживающие предприятия, расположенные первых этажах жилых зданий, зачастую имеющие встроено-пристроенную структуру, имеющие большие

витрины, расположенные в одну линию на протяжении всего лицевого фасада здания. Их площадь обычно не превышает 2000 м². Количественные параметры таких образований в структуре жилого района были заложены еще в советский период и рассчитывались исходя из условия минимальной потребности населения в системе обслуживания, не учитывая рост предложения, позволяющий в условиях рыночной экономики обеспечить потребности всех слоев населения, проживающих на близлежащей территории. Рост вариативности обслуживающего сектора влечет за собой потребность в увеличении площадей. Часто данный вид объектов общественного обслуживания трансформируется под организации, чья потребность в площадях не соответствует масштабам самого объекта. Это происходит по разным причинам (существует несколько собственников одного объекта, либо собственник не нашел арендатора с соответствующей потребностью в площадях), однако в результате этого мы получаем фасад здания расчлененный разносортными рекламными конструкциями, разбитый на отдельные сегменты входными группами, выполненными в разных стилях и разных масштабах. Такая ситуация никак не влечет за собой улучшение среды обитания ни с точки зрения благоустройства прилегающей территории, ни с точки зрения эстетики среды, тем более, что систематизировать ответственность за окружающее пространство практически невозможно из-за большого количества ответственных лиц и их постоянной ротации. Однако существуют и положительные примеры. Благоприятная динамика видна, когда таким крупным объектом владеет один собственник, одна организация или небольшая группа организаций, достигшая согласованности взглядов относительно окружающего пространства, а также, когда они достигли определенного уровня развития и ради привлечения новых клиентов и поддержания своего статуса заинтересованы в создании качественной и комфортной среды.

Четвертая ступень – крупные, отдельно стоящие объекты общественного обслуживания: специализированные магазины, офисные центры, спортивные и развлекательные комплексы. Их возникновение обусловлено интересами крупных инвесторов и потенциалом территории в структуре города, с точки зрения привлечения посетителей. Эти объекты чаще всего располагаются на внешнем контуре жилого образования в непосредственной близости от магистральных улиц общегородского и районного значения. Занимаемая площадь обычно варьируется от нескольких сотен до нескольких тысяч квадратных метров. Такие образования обычно являются объектами районного и общегородского значения. Примеры такой трансформации имеют сравнительно непродолжительную историю и, в отличие от предыдущих ступеней, максимально проработанную систему развития, и план функционирования, разработанные еще на стадии проектирования. Однако зачастую собственники таких объектов не принимают во внима-

ние, либо не желают принимать во внимание, возможные последствия для окружающей жилой среды. Сегодня крупные объекты районного и особенно городского значения (например, торговые, либо развлекательные центры) являются мощными магнитами, которые формируют основные транспортные потоки в городе. Эта проблема становится особенно острой при устойчивом росте числа автомобилей на душу населения. Зачастую такие трансформации в уже сложившейся среде не были учтены при разработке транспортной схемы генерального плана города, что приводит к значительным изменениям в организации транспортно-пешеходных потоков и функциональном зонировании пространства жилой среды. Порой такие ситуации приводят к полному уничтожению сложившегося пешеходного потока в районе новообразования. Таким образом, частные интересы могут негативно повлиять на структуру жилой среды, если это процесс не будет систематизирован и не будет контролироваться общественность и соответствующими органами власти еще на стадии проектирования.

Необходимо отметить, что в последние годы на территории Красноярска при строительстве массового жилья прослеживается положительная тенденция в решении данной проблематики. Первые этажи жилых зданий целиком формируются из общественно деловой зоны (7-й микрорайон «Покровский», микрорайон «Ястынское поле», микрорайон «Иннокентьевский»). Однако при более детальном рассмотрении данных жилых образований выявляется масса несоответствий реальным потребностям как бизнес структур, так и жителей микрорайона. В первую очередь необходимо отметить, что первые этажи жилых зданий сформированы в основном из помещений сравнительно небольшой площади, пригодных только для малого и среднего бизнеса. Такие помещения не рассчитаны на крупную обслуживающую функцию (например общественное питание), вследствие чего жители не получают полный спектр услуг и вынуждены для удовлетворения своих потребностей перемещаться в другие районы города, создавая тем самым дополнительную нагрузку на транспортный поток. Кроме того, существует проблема с расчетом парковочных мест вблизи общественно-деловых образований. При проектировании никто не учитывает, какой именно вид услуг будет предоставлен на том или ином участке, и какой поток посетителей будет привлечен к данному объекту. Поэтому количество парковочных мест формируется только из расчетного количества жителей данного района, что никак не соответствует реальной ситуации. Данные образования притягивают отнюдь не только обитателей района, они также формируют приток посетителей из числа жителей близлежащих районов и транзитных потоков.

Проследив в рамках г. Красноярска динамику роста количества объектов розничной торговли и развития малого и среднего предпринимательства в структуре жилой среды становится ясной актуальность систематиза-

ции интеграции данных объектов в жилое пространство, ведь при самостоятельном развитии данной системы не учитывается множество факторов, влияющих на комфортность, безопасность, гуманизацию, экологическое состояние селитебной территории. Систематизировав виды функциональной трансформации жилой среды становится ясной масштабность и многогранность данного вопроса. Именно разность масштаба и типологии интегрируемых и трансформируемых объектов выявляет необходимость создания гибкой системы регулирования данного процесса, которая бы позволила сформировать целостную среду обитания, в которой гармонично соседствуют жилье и общественно-деловая функция. При формировании такой системы необходимо учитывать прямо пропорциональную зависимость уровня ответственности за трансформируемую среду и масштаб трансформирующего объекта, выявленную при систематизации. Важно также учитывать постоянную изменчивость и ротацию функций общественно-деловой среды, и при создании системы регулирования оставлять место для ее самостоятельного развития, однако при этом не стоит забывать и о необходимости активного участия общественности, чтобы система не получилась однонаправленной. Только такой всесторонне направленный подход к решению проблем, связанных с функциональной трансформацией, позволит получить систему управления процессом, которая будет консолидировать усилия и пожелания всех сторон с целью создания адаптируемой и гуманной среды обитания.

Дизайн

УДК 711

ОСОБЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ ГРАФИКЕ

Ю.В. Жоров

Научный руководитель С.А. Истомина
Сибирский федеральный университет

Стремительное развитие технологий в последние десятилетия привело к быстрому совершенствованию компьютерной техники и программного обеспечения. Появление мощных компьютеров позволило создавать графические пакеты для рисования, проектирования и анимации. На протяжении всего существования человек пытался всячески отразить окружающий мир. Уже начиная с тех времён, когда древние люди рисовали на скалах, они пытались создать отражение реальности. Многие философы считают, что искусство родилось из желания создать копию мира, черпая информацию из реального окружения. Давайте считать трёхмерную графику таким же искусством как, например, скульптура или живопись, ведь создавая в компьютерной графике различные элементы, люди тем самым отражают реальность.

На данный момент наиболее точным средством для воссоздания реальности являются пакеты трёхмерной графики, и одно из лидирующих мест среди трёхмерных графических редакторов занимает программа 3D STUDIO MAX. Эта программа позволяет с абсолютной точностью воссоздать любой объект, его физическое состояние, а также его поведение при различных природных явлениях. Благодаря таким возможностям пакет 3DS Max широко используется архитекторами и дизайнерами во всём мире. Заказчики всё чаще просят дизайнеров предоставлять именно трёхмерные эскизы, а не эскизы, выполненные в ручной графике.

3DS Max обладает рядом преимуществ перед ручной графикой. Главным преимуществом считается возможность создания фотореалистичного изображения в любом масштабе. Это даёт возможность наглядно продемонстрировать свою идею заказчикам, не вызывая лишних вопросов. Существует мнение, что с помощью ручной графики можно гораздо быстрее подготовить эскизы для презентации. Это действительно так, но лишь на начальном этапе работы. В дальнейшем, когда

трёхмерная модель уже построена и объектам назначены их физические свойства, гораздо проще внести любые, даже значительные изменения, в модель. Также, когда существует уже готовая сцена, нет необходимости тратить время на прорисовку нескольких ракурсов и детально их прорабатывать. Можно в считанные минуты установить три, пять, десять камер визирования, "поставить" компьютер на просчёт и заняться, например, чертежами. Таким образом, внедрение компьютерной графики в рабочий процесс позволяет сократить время на проектирование, повысить производительность проектировщика и удовлетворить фотореалистичностью самого требовательного заказчика.

Вся живопись представляет собой двухмерную копию мира, ограниченную красками и холстом. Скульптура уже более близка к трёхмерной графике, но возможности её очень скудны. А в трёхмерном пространстве среды 3DS Max есть только одно ограничение – фантазия. Различные плагины и модификаторы позволяют создавать самые причудливые формы, а порой самые неожиданные.

Было бы неправильно сказать, что программа 3DS Max является предметом для изучения тонкостей дизайна, развития вкуса у студентов, видения формы и т. д. Это не так. В любом случае, для обучения, например, дизайнеров должны оставаться профильные предметы, такие как «Объёмно-пространственная композиция», «Рисунок», «Живопись», «Скульптура». Дизайнер должен уметь работать руками. Но, если посмотреть с другой стороны, трёхмерные программы наряду с профильными предметами, позволяют развивать пространственное мышление, так же как и рисунок они позволяют анализировать постановку света и тени в трёхмерной сцене, дают возможность составлять композиционно-осмысленные изображения, так же как и живопись они помогают передать цвет. Для того чтобы создать, например, трёхмерную модель листа дерева, необходимо изучить его форму, цвет, направление жилок. Тоже самое необходимо проделать при моделировании дерева. Изучить направление ветвей, внимательно осмотреть строение коры для того чтобы передать породу дерева. Эти же моменты применяются в рисунке и живописи. При моделировании какого-либо объекта с натуры или с картинки, трёхмерная программа помогает развить чувство пропорции. Тоже самое у студентов развивает скульптура. Способность программы воспроизводить физические свойства материалов позволяет более глубоко и детально изучить окружающий нас мир. Особенно хорошо это наблюдается при создании материалов для объектов. Например, чтобы создать материал бриллианта, необходимо изучить его физические свойства. Бриллиант прозрачный, но не такой прозрачный как вода или воздух. Значит у него есть свой коэффициент преломления падающего на него света. Также бриллиант имеет отражающие свойства, но не такие сильные как у зеркала. Следовательно, он обладает своим ко-

эффицентом отражения. И, наконец, бриллиант оставляет радужные блики на поверхностях находящихся рядом с ним. Эти блики в трёхмерной графике называются "рефлективная каустика". Всеми вышеперечисленными физическими свойствами и многими другими позволяет наделять трёхмерные объекты программа 3DS Max. Таким образом трёхмерная графика даёт возможность студентам развивать внимательность, интерес к предметам, природе, развивать дизайнерские навыки для проектирования и дальнейшей творческой деятельности.

При всех достоинствах трёхмерной графики, необходимо понимать, что это всего лишь одно из средств выражения творческого замысла.

Существуют разные методики преподавания трёхмерной графики, направленные на многофункциональные и узконаправленные виды деятельности. Одни методики помогают освоить моделирование, другие визуализацию, третьи анимацию, четвёртые разработку компьютерных игр. Некоторые методики дают возможность освоить несколько направлений одновременно. Для дизайнеров необходимо осваивать моделирование, визуализацию и некоторые элементы анимации.

Средняя продолжительность подготовки студента по специальности "оператор 3DS Max" в частных заведениях составляет один месяц. За это время учащихся успевают ознакомить с основами программы, чаще всего не давая углубленных знаний. Дело в том, что базовые знания программы включают в себя огромное количество информации, которую необходимо выдать в короткий срок. В итоге часть информации не успевает отложиться в памяти учащихся, а другая в течение нескольких месяцев утрачивается, если не происходит закрепления полученных навыков. Поэтому необходима постоянная практика для развития автоматизма при работе в программе на подсознательном уровне. Эти навыки позволяют работать над проектом, не отвлекаясь на то, чтобы вспомнить, где какая опция находится. Только в этом случае программа 3DS Max сможет стать полноценным инструментом, средством для выражения творческих идей.

Опыт показал, что для наиболее эффективного обучения дизайнеров работе в программе в учебном заведении, необходимо внедрять 3DS Max с первых курсов, совмещать это с архитектурно-дизайнерским проектированием, предъявлять определённые требования к работе и подаче проектов, выполненных с помощью трёхмерной графики, такие же, как и к ручной графике, макетированию. Нет необходимости выделять обучение в программе 3DS Max в отдельную дисциплину. Как правило, хватает тридцатиминутной ознакомительной лекции с интерфейсом и командной панелью, а остальная часть информации должна

выдаваться индивидуально каждому студенту непосредственно под его проект и идею.

Это позволяет оградить студента от лишней информации, которая может не понадобиться на данном этапе и, следовательно, со временем утратиться. Методика преподавания трёхмерной графики должна занимать несколько лет вплоть до дипломного проекта включительно. Такое обучение даёт возможность выпускать полностью подготовленного к работе специалиста, удовлетворяющего современным требованиям работодателей и заказчиков.

При обучении студентов работе в программе 3DS Max возникают определённые трудности, которые не дают в полной мере подготавливать студентов. Одной из самых главных трудностей является стоимость пакета программы. Она составляет несколько тысяч долларов. Во-первых, студенты не имеют возможности приобрести программу, во-вторых, не все учебные заведения имеют возможность приобрести лицензию на несколько десятков компьютеров. Также существуют определённые плагины для программы, в частности, VRay, который тоже стоит немалых денег.

Для нормальной работы с трёхмерной графикой требуются мощные компьютеры, которые имеют не все студенты и учебные заведения. Также существует проблема несовместимости версий программы. Потратив деньги на определённую версию, нет возможности открыть файл, созданный в более новой версии. Тут же возникает финансовый вопрос. В последнее время проблема несовместимости версий стала решаться производителями, но не на должном уровне.

Внедрение трёхмерной графики в учебный процесс, совершенствование методики преподавания работы в программе 3DS Max для специальности дизайн архитектурной среды, становится всё более необходимым. С каждым годом требования работодателей и заказчиков будущих дизайнеров становятся всё выше.

Многие студенты, не имея возможности получить должную консультацию от преподавателей, вынуждены самостоятельно изучать программу. Если сравнить сегодняшние работы студентов, сделанные с помощью 3DS Max, с работами пяти или шестилетней давности, становится ясно, что речь необходимо вести не о внедрении трёхмерной графики, а о том, как лучше преподавать её в учебном заведении. Ведь она уже стала неотъемлемой частью проектирования, и отрицать этот факт, значит не идти в ногу со временем.

Список литературы

1. <http://www.bestreferat.ru>
2. <http://www.news3d.biz>

СИСТЕМА ВИЗУАЛЬНЫХ КОММУНИКАЦИЙ «КУЛЬТУРНЫЕ ТРОПЫ ГОРОДА КРАСНОЯРСКА»

Е.С. Пономарева
Научный руководитель С.А. Истомина
Сибирский федеральный университет

Дизайн средств городской ориентации и идентификации – это одна из важнейших задач, которая стоит перед городским управлением, и решение ее должно быть системным. Проектирование каждого элемента – это взаимосвязанное, целостное действие, которое подразумевает комплексный подход, охватывающий различные аспекты существования архитектурной системы.

Когда человек попадает в незнакомый город, он мгновенно получает массу информации о том месте, где он находится. В современном городе совершенно потеряться достаточно сложно, но даже если мы свернули не туда или сели не на тот автобус и нам приходится возвращаться, чувства беспокойства, страха и паники могут охватить любого. Таким образом, чувство ориентации очень тесно связано с чувством душевного равновесия и благополучия.

В своей книге «Образ города» Кевин Линч присвоил городу такое качество, как «читаемость», понимая под этим легкость, с которой части города распознаются и складываются в упорядоченную картину. Этот термин можно применить и для описания систем ориентации, т. к. усваивая их информацию, читая их как повесть, следуя их указаниям мы «понимаем» город, движемся к определенной цели.

Проект «Культурные тропы города Красноярска» был инициирован Министерством культуры города Красноярска и Красноярской региональной организацией Союза архитекторов России. Был объявлен конкурс среди студентов Института архитектуры и дизайна СФУ, по результатам которого жюри выбрало лучшие работы, которые были рекомендованы к воплощению.

На первом этапе был составлен список объектов культурного наследия. Затем выделены те из них, которые располагались в центре города, и разработан маршрут «Культурные тропы города Красноярска». Этот маршрут начинается на площади Мира, с того места, где в 1628 г. был основан Красноярский острог. С этой точки открывается прекрасный вид на природу и архитектурные достопримечательности города.

Составленный маршрут в основном проходит по проспекту Мира, т. к. он наиболее насыщен достопримечательностями и наиболее интере-

сен в культурном и туристическом отношениях. В некоторых значимых местах туристу или горожанину предлагается свернуть на боковые улицы и углубиться в старинные кварталы Красноярска с замечательными примерами деревянного зодчества.

Для разработки системы знаков и указателей были выявлены основные особенности центра г. Красноярска, которые повлияли на образ и расстановку дизайн-объектов визуальных коммуникаций. В их расстановке важно, чтобы человек представлял себе исходную точку пути и пункт назначения. «Пути, ясно начинающиеся и ясно заканчивающиеся, легче опознаются, они позволяют связать образ города в единое целое и дают наблюдателю ощущение ясности местонахождения».

Для ориентации в городе нам необходимы локальные ориентиры. Этот класс охватывает многие виды объектов, включая знаковые системы ориентации. Ключевым словом здесь является слово «система». Важно понять, что изолированные одиночные элементы очень слабо помогают сориентироваться в пространстве. Их легко пропустить и приходится специально отыскивать. Например, одиночную табличку, одиночное название улицы, светофор можно отыскать, если только долго и напряженно всматриваться в окружающее пространство, что в принципе противоречит основным принципам проектирования систем ориентации и навигации.

В центре Красноярска кварталы имеют длину около полукилометра, и пока человек двигается внутри квартала, ему некуда свернуть и потеряться. Главные ориентационные знаки должны располагаться в местах пересечения дорог – на перекрестках или вблизи от них, чтобы человек смог принять решение в какую сторону ему идти.

В ходе работы над конкурсом было разработано несколько типов знаков, подходящих к различным градостроительным ситуациям: крупные стелы-путеводители с картами, располагающиеся в начале и в конце маршрута; среднего размера информационные стелы с мини-картами, адресами и краткой информацией о близлежащих объектах культурного наследия; небольшие указатели, которые возможно установить на перекрестках с активным пешеходным движением.

Также были предусмотрительно отмечены видовые точки, с которых открывается наиболее выгодный вид на объекты культурного наследия, и которые расположены в стороне от пешеходных потоков, что позволяет небольшой группе туристов ненадолго остановиться, сфотографировать здания и получить информацию либо от гида, либо самим прочесть ее на стеле.

Основная идея состоит в том, чтобы системы ориентации складывались в группы или пучки, в которых каждый элемент усиливает соседний за счет повторяемости и распознается в значительной степени в связи с

контекстом. Такую систему можно назвать замкнутой: одна деталь вызывает ожидание следующей.

В таких системах есть «запускающие» звенья – обычно они располагаются там, где нужно принять решение о начале или смене направления движения. И «подтверждающие» звенья, удостоверяющие в правильности принятого решения. Дополнительные детали помогают ощутить приближение к месту назначения или промежуточному контрольному пункту. Для эмоциональной уверенности в правильности пути необходимо, чтобы такие серии не имели длинных пауз.

Главной задачей проекта было то, чтобы информация об объектах культурного наследия г. Красноярска всегда находилась в поле зрения и была доступна для восприятия жителей и гостей города. Такая путеводная нить нигде не прерывается и раскрывает г. Красноярск в новом качестве, как город с богатой историей и замечательной архитектурой.

УДК 711

СВЕТОМОДЕЛИРОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ ЗДАНИЙ В ГРАФИЧЕСКИХ ПРОГРАММАХ 3ds Max, Cinema 4d, ArchiCAD, DIALux

Ю.Н. Рыжкова

Научный руководитель Е.А. Коробкова
Сибирский федеральный университет

Освещение – создание освещенности поверхностей предметов, обеспечивающее видимость этих предметов или возможность их регистрации светочувствительными веществами или устройствами. Значение освещения определяется тем, что посредством зрения люди получают наибольший объем информации о внешнем мире. Освещение играет также большую роль как полезный общефизиологический фактор, который способствует появлению благоприятного психического состояния людей и имеет важное санитарно-гигиеническое значение.

Одним из важнейших факторов для восприятия архитектурной формы является освещение: при ярком освещении выявляется пластическая составляющая архитектурной формы, при сумеречном освещении форма воспринимается более цельно, в ночное время архитектурная пластика формируется посредством искусственного освещения в соответствии с задачами формирования архитектурной среды.

Выделяют три подхода к проектированию искусственного освещения: интеграция архитектурного объекта в окружающую среду путем создания освещения, подобного тому, что существует в заданной среде; создание освещения, формирующего цельный образ здания, делающего объект доминантой в пространстве, средствами формирования объема становятся крупные плоскости и рассеянное освещение; театральное освещение, делающее здание акцентом в архитектурной среде, средствами здесь являются точечные источники освещения с акцентированием выделением архитектурных деталей здания.

В современном проектировании на всех стадиях разработки используется различное программное обеспечение. Существуют программы как для создания чертежей, выполнения расчетов, так и для создания систем освещения. Для того чтобы спроектировать искусственное освещение того или иного объекта, используют многие программы, самые распространенные из них: 3ds Max, Cinema 4d, ArchiCAD, DIALux.

3ds Max: программа предназначена для моделирования объектов, окружающей среды и примерного освещения, имеет хорошо развитую систему моделирования и сложный интерфейс. **Cinema 4d:** программное обеспечение с развитой системой моделирования архитектурных объектов, окружающей среды и примерного освещения, имеет интуитивный интерфейс. **ArchiCAD:** программа создана для построения моделей объектов, окружающей среды и примерного освещения с совмещением модели и чертежей, готовых к применению на строительной площадке, имеет интуитивный интерфейс и развитую систему моделирования. **DIALux:** программа, созданная для выполнения расчетов по освещенности, со специализированной библиотекой элементов освещения и с возможностью создания простейших объемов, имеет доступный интуитивный интерфейс. В этих программах можно имитировать как естественное, так и искусственное освещение.

При создании проектов освещения стоит, прежде всего, сделать анализ существующей ситуации, оценить, насколько тот или иной объект нуждается в искусственном освещении, в зависимости от местоположения в городской среде. Каким именно оно должно быть? Чем станет здание в архитектурной среде – акцентом, доминантой, или же сольется с окружающей средой в ночной ткани города?

Для проектирования освещения выбраны два здания в центральной части города Красноярска: драматический театр имени А.С. Пушкина (проспект Мира, 73) и здание ОАО «РЖД» (проспект Мира, 156). Здания расположены в историческом центре города и являются важной частью его архитектурного облика.

Здание ОАО «РЖД» расположено в точке, где проходят как основные городские автомобильные маршруты, так и транссибирская магистр-

раль (рис. 1). Кроме того, это здание видно и с Копыловского моста, и с пешеходного моста железнодорожного вокзала. Но в ночное время здание никак не выделяется из среды, оно подсвечено только на уровне второго этажа.

Здание театра имени А.С. Пушкина расположено на проспекте Мира и является важным культурным центром города (рис.1). Сейчас система искусственного освещения фасадов недостаточна для того, чтобы здание действительно выделялось.

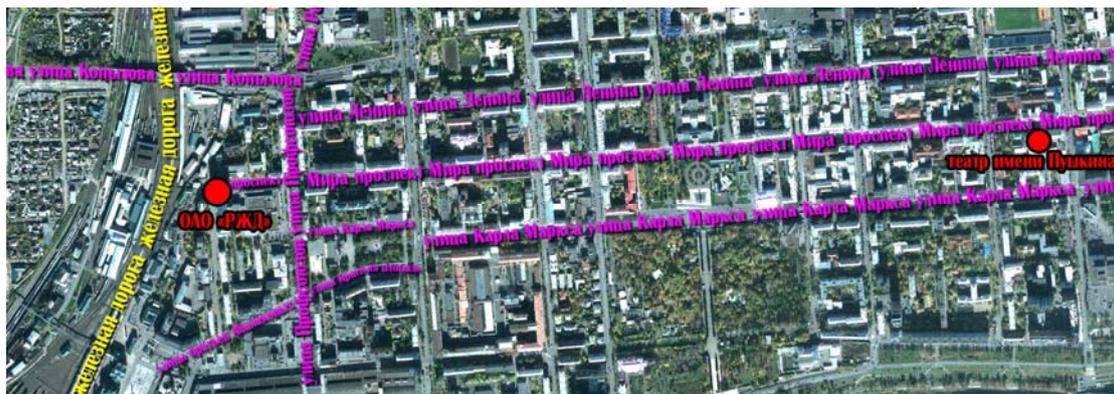


Рис. 1. Местоположение зданий ОАО «РЖД» и драматический театр имени А.С. Пушкина на карте города Красноярска



*Рис. 2. Существующее освещение зданий:
1 – ОАО «РЖД», 2 – театр им. А.С. Пушкина*

После определения задач необходимо воспроизвести проектируемый объект в объемной модели, соответствующей существующей ситуации, либо в соответствии с проектными документами, затем следует выставить освещение, воспроизводя эффекты, которых мы желаем добиться.

Здания возможно воспроизвести во всех заявленных программах: 3ds Max, Cinema 4d, ArchiCAD, DIALux, в каждой из которых можно задать источники освещения.

Достоинства и недостатки программного обеспечения в предлагаемых вариантах освещения:

- основными преимуществами программного обеспечения 3ds Max являются: высокая степень реалистичности итогового изображения, качественное применение текстур, возможность имитировать как искусственное, так и естественное освещение, качественное создание сцен освещения; недостатки – сложный в использовании интерфейс, требуемый большой объем памяти, расстановка абстрактных источников освещения (рис. 3);
- основными преимуществами программного обеспечения Cinema 4D являются: дружелюбный интуитивный интерфейс, реалистичность итогового изображения, простота управления текстурами, качественное создание сцен освещения; недостатки – не всегда корректное наложение текстур, меньшая эффектность итоговой картинке, чем в 3ds Max (рис. 4);
- основным преимуществом программного обеспечения ArchiCAD является возможность одновременного создания трехмерной модели и графической части проекта и полное соответствие модели и чертежей, встроенная библиотека условных обозначений, удобный интерфейс, качественное создание сцен освещения; недостаток – достаточно условное итоговое изображение, не столь реалистичное, как в Cinema 4D и 3ds Max, неудобное моделирование сложных форм (рис. 5);
- основным преимуществом программного обеспечения DIALux является возможность произведения точных светотехнических расчетов, это обеспечивается наличием каталога осветительных приборов и модуля для точного расчета освещенности; недостаток – для проведения расчетов на основе здания или интерьера необходимо использовать трехмерную модель, построенную в другой программе и экспортированную в формат 3ds (рис. 6).



Рис. 3. Модели систем искусственного освещения, выполненные в 3ds Max:
1 – ОАО «РЖД», 2 – театр им. А.С. Пушкина



Рис. 4. Модели систем искусственного освещения, выполненные в *Cinema 4D*:
 1 – ОАО «РЖД», 2 – театр им. А.С. Пушкина



Рис.5. Модели систем искусственного освещения, выполненные в *ArchiCAD*:
 1 – ОАО «РЖД», 2 – театр им. А.С. Пушкина

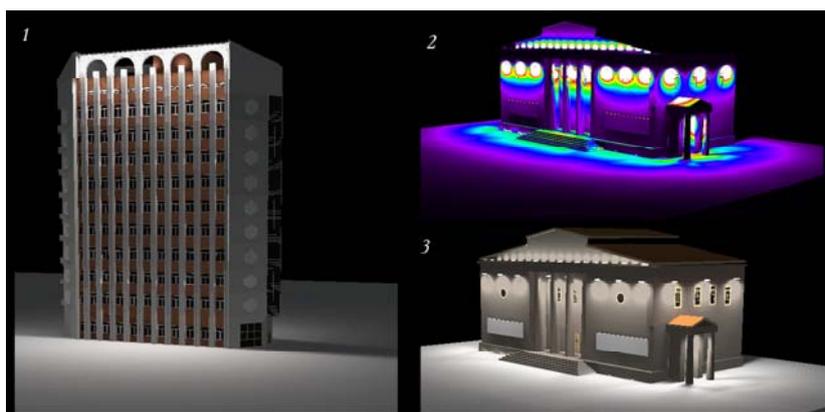


Рис.6. Модели систем искусственного освещения, выполненные в *DIALux*:
 1 – ОАО «РЖД», 2 – театр им. А.С. Пушкина, схема распределения света,
 3 – театр им. А.С. Пушкина, освещенность фасадов

Выполнение проектов освещения очень важно в формировании облика городской среды, ведь, в зависимости от профессиональности реше-

ний, будет сформирована определенная городская среда, которая будет отвечать таким характеристикам, как создание имиджа города, создание психологически здоровой городской среды, эстетическая привлекательность, визуальное ориентирование в пространстве города.

Для выполнения качественного расчета освещения не существует идеальной программы, поэтому, чтобы добиться наибольшей эффективности проектирования зданий, сооружений и освещения для них, необходимо пользоваться связкой из двух программ, 3ds Max + DIALux, Cinema 4D + DIALux, ArchiCAD + DIALux. Такие программы, как 3ds Max и Cinema 4D очень хороши для создания сложных объемов зданий, интерьеров, но настройки искусственного освещения не позволяют с точностью сказать, какие приборы необходимы для реализации проектного предложения, DIALux добавляет эту возможность, программа ArchiCAD незаменима при проектировании зданий, с несложным формообразованием.

Список литературы

1. Кузнецов С.А. Большой толковый словарь русского языка / С.А. Кузнецов. – СПб, 2003.
2. Тваровский М. Солнце в архитектуре (перевод на русский) / М. Тваровский. – М, Стройиздат, 1977. – 290 с.



УДК 621.398

РАЗРАБОТКА ФОРМИРОВАТЕЛЯ ЗОНДИРУЮЩИХ ИМПУЛЬСОВ ДЛЯ МСТ-РАДАРА ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ

Д.А. Комельков

Научный руководитель А.Н. Фомин
Сибирский федеральный университет

Ветровые профилировщики представляют собой радарные системы, специально предназначенные для измерения вертикального профиля горизонтальных полей скоростей ветра и его направлений от поверхности Земли до тропопаузы. Они также позволяют получать высотные профили виртуальной температуры и величины турбулентности. Профилировщики, как правило, работают на фиксированной частоте в основном в трех интервалах частот – 50, 400 и 1000 МГц. Обычно рабочая высота уменьшается при увеличении рабочей частоты, но при этом возрастает разрешающая способность. Гигагерцовые профилировщики используются для наблюдений поверхностного слоя в пределах до 3 км, более коротковолновые системы могут работать в СТ-области (стратосфера–тропосфера). В настоящее время существует несколько сетей профилировщиков, получивших признание как важная составляющая часть метеорологических наблюдений. Также профилировщики хорошо дополняют измерения, производимые с помощью исследовательских ракет и шаров-зондов. Например, профилировщик, установленный в 1990 г. в космическом центре им. Кеннеди, а также в японском аэрокосмическом агентстве. Эти радарные системы работают в диапазоне около 50 МГц.

В качестве передатчиков кластера используются две доработанные по специальным требованиям стойки стандартного телевизионного передатчика (рис. 2). В стандартном виде каждый комплект передатчика представляет собой стойку, в которой установлены предварительный усилитель на 100 Вт, блоки делителей сигнала, два усилителя мощности по 500 Вт каждый и блок сумматора, что позволяет сформировать на выходе передатчика сигнал с выходной мощностью 1 кВт в непрерывном режиме. Доработка состояла в увеличении диапазона рабочих частот передатчика до 40...60 МГц, повышении выходной мощности до 1,5 кВт (за счет того, что

передатчик будет использоваться в режиме усиления радиоимпульсов с большой скважностью и, следовательно, небольшой средней мощностью) и изготовлении двух дополнительных усилителей на 100 Вт. После такой доработки каждый передатчик может быть использован как 2-канальный с мощностью каждого канала 750 Вт, а использование двух комплектов передатчика позволяет увеличить до четырех число выходных каналов.

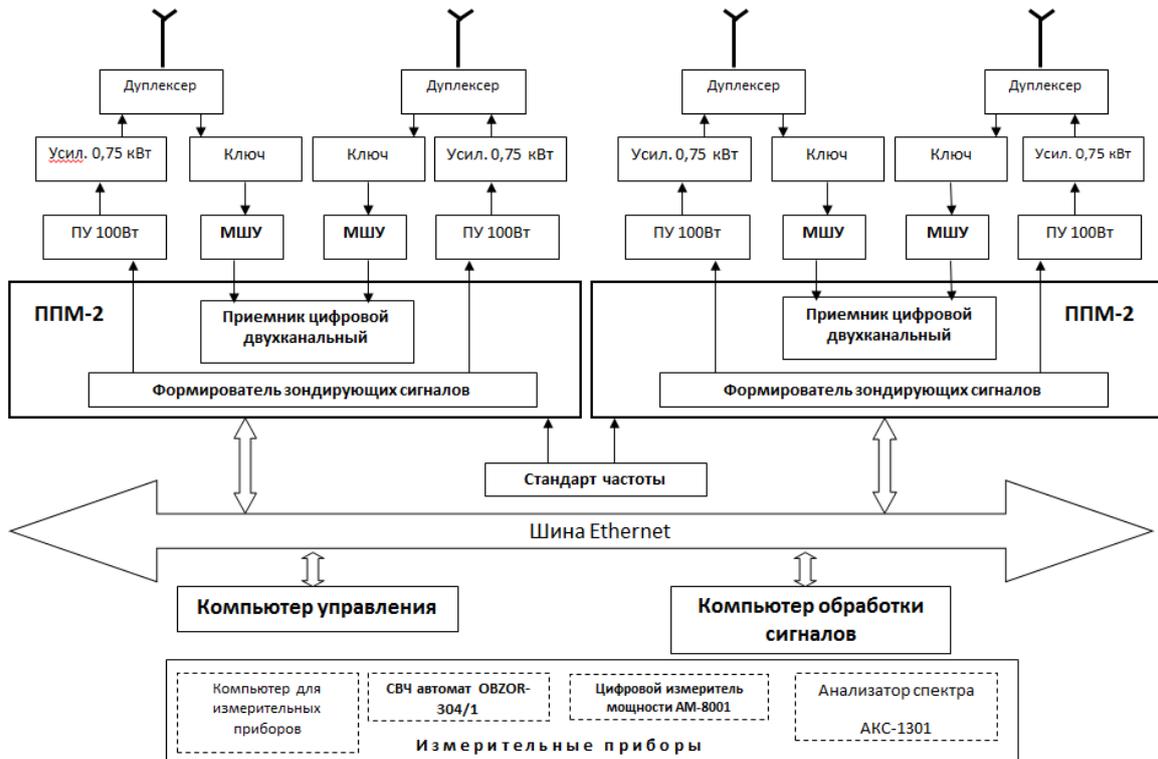


Рис. 1. Структурная схема кластера



Рис. 2. Две стойки доработанных передатчиков

Так в настоящее время однозначная идентификация принятых эхосигналов с привязкой их к конкретным атмосферным образованиям или слоям в системе вызывает большие трудности. Для такой идентификации нужна дополнительная информация из других источников, поэтому работоспособность кластера можно оценить по устойчивости принимаемых сигналов на сравнительно коротких интервалах времени и статистической повторяемости характеристик сигналов для более продолжительных интервалов наблюдений.

УДК 621.396(024)

СОВРЕМЕННЫЕ АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ ФАЗОВЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ФАР

Ю.А. Лыткина

Научный руководитель В.А. Вяхирев
Сибирский федеральный университет

В связи с быстрым темпом развития вооружения и военной техники (ВВТ) большинство задач современной радиолокации решается с использованием фазированных антенных решеток (ФАР). Применение таких антенн дает возможность формировать необходимую диаграмму направленности (ДН), управлять ею в определенных пределах, производить быстрое сканирование пространства, при этом не прибегая к их механическому повороту. В силу этого управление ФАР отличается от управления антеннами других видов.

Существует множество алгоритмов управления ФАР:

1. Алгоритмы максимизации коэффициента направленного действия (КНД).
 2. Строчно-столбцовые алгоритмы управления.
 3. Алгоритмы управления многокольцевыми ФАР.
 4. Алгоритмы управления плоской ФАР с неуправляемой линзой.
 5. Алгоритмы управления несколькими взаимодействующими ФАР.
 6. Алгоритмы распределенного управления и фазирования ФАР.
- Рассмотрим особенности каждой группы алгоритмов более подробно.

1. Алгоритмы максимизации коэффициента направленного действия

Основной задачей данной группы алгоритмов является обеспечение максимального КНД в заданном направлении. Условие максимума определяется соотношением

$$\Psi(r_0, U_0) = \Phi_{\text{нач}} \cdot \Phi_p(r_0) \cdot \Phi_y(U_0) = I, \quad (1)$$

где $\Phi_{\text{нач}}$ – матрица начального фазового распределения; $\Phi_p(r_0)$ – матрица пространственного набега фаз; $\Phi_y(U_0)$ – матрица управляемых фазовых сдвигов, образуемых фазовращателями.

Данная группа алгоритмов хорошо зарекомендовала себя в обычной беспомеховой обстановке, обеспечивая максимальную дальность работы средств радиолокации. Однако в ряде случаев возникает необходимость управления ФАР с существенным уменьшением КНД, например, за счет формирования провалов характеристики направленности антенны в направлении источника помех. В результате этого используется большое количество алгоритмов, оптимизированных по определенным правилам, например, стабилизация КНД антенной решетки при фазовом синтезе нулей, минимизация систематических ошибок измерения и др.

2. Строчно-столбцовые алгоритмы управления

Данная группа алгоритмов основана на управлении лучом в двух плоскостях: вертикальной и горизонтальной. Как показано на рисунке, на каждой строке (столбце) расположены излучатели с одинаковым шагом, нумерация их двойная – номер строки и номер столбца. Если начало координат совмещено с излучателем, то вектор координат излучателя является суммой двух векторов шагов решетки по осям X и Y :

$$R_{mn} = m \tilde{\gamma}_y + n \tilde{\gamma}_x, \quad (2)$$

где $\tilde{\gamma}_y, \tilde{\gamma}_x$ – шаги решетки по осям y и x соответственно.

Если же начало координат не совмещено с излучателем (при наличии множества подрешеток поверхностной ФАР), то в формуле (2) необходимо учесть вектор положения начальной системы координат k -й подрешетки.

Наиболее распространенные решетки элементов имеют либо прямоугольную, либо треугольную сетку.

На практике чаще всего применяют осесимметричные структуры плоских решеток, т. е. когда начало координат совмещено с центром решетки. Это позволяет использовать правила симметрии, т. е., разбив плоскость на четыре квадранта, можно вычислять коды фаз для одного из них.

Данная группа алгоритмов чаще используется в стационарных радиолокационных станциях (РЛС), где несколько плоских ФАР размещается под углом друг к другу. Алгоритмы для управления такими ФАР часто описываются простыми математическими выражениями и особой трудности в технической реализации в современных условиях не вызывают.

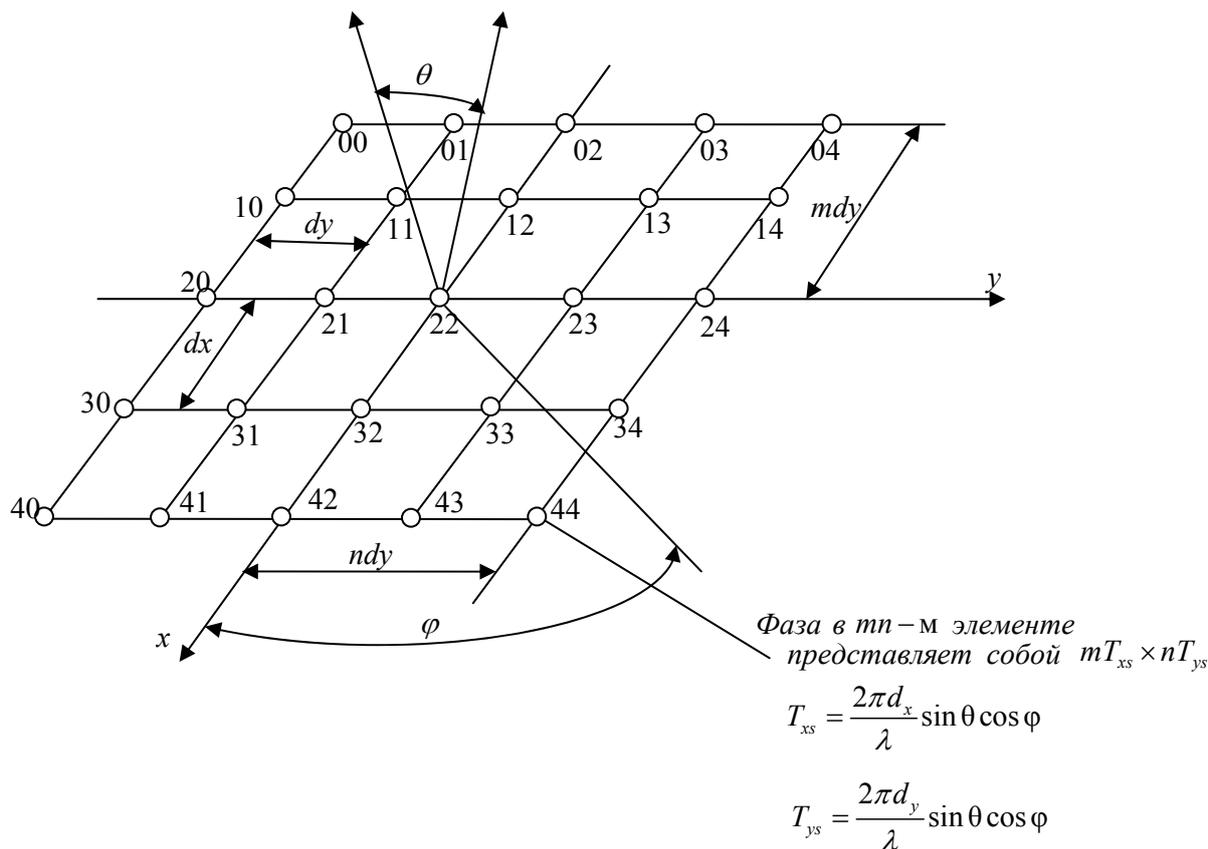


Рис. Геометрические и фазовые соотношения в плоской решетке

Однако данная группа алгоритмов имеет существенные недостатки:

- При адаптации к направлению источника помехи, находящейся в нормали в одной из плоскостей, происходит полное подавление полезного сигнала.
- При увеличении отклонения от нормали уменьшается КНД и угол работы со-временных антенных решеток достигает $\pm 60^\circ$.

Последний недостаток устранен в многокольцевых антенных решетках, т. е. в них имеется возможность управления вкруговую.

3. Алгоритм управления многокольцевыми ФАР

Синтез алгоритма управления многокольцевыми ФАР основан на простом рекуррентном алгоритме определения фазы $(k + 1)$ -го излучателя по известным фазам k -го и $(k - 1)$ -го излучателей, т. е. для определения фазы всех излучателей многокольцевой ФАР необходимо знать фазы двух соседних излучающих элементов

i -го кольца. Следует отметить, что при четном порядковом номере излучателя в i -м кольце можно найти излучатель k , фаза которого будет противоположна по знаку, что существенно увеличит быстродействие данного алгоритма.

Этот алгоритм может быть применен для управления коническими, сферическими и цилиндрическими кольцевыми ФАР. Однако его очень сложно адаптировать к помехам из-за многоярусной структуры антенной решетки и алгоритмов обработки сигналов.

4. Алгоритм управления плоской ФАР с неуправляемой линзой

Применение данного алгоритма позволяет обеспечить сканирование более чем в полусфере $\pm 120^\circ$, что значительно больше плоских ФАР со строчно-столбцовым управлением. Однако неуправляемая линза (купол) вносит дополнительные потери и искажения в ДН антенны. Данному способу управления присущи следующие недостатки: пространство между куполом и ФАР нельзя заполнять чем-либо; вычислители средства управления лучом для такой антенны значительно сложнее, чем для поверхностной ФАР: форма фазового распределения линзы в общем случае заранее неизвестна и зависит от показателя преломления линзы.

5. Управление несколькими взаимодействующими ФАР

Очень часто в современных РЛС возникает задача создания антенных комплексов, состоящих из нескольких отдельных ФАР, разнесенных в пространстве. Такое размещение антенных комплексов позволяет создать более узкие ДН, повысить скрытность радиолокатора, а также решать задачи радиосвязи, радиоразведки и пр. При этом данные решетки могут быть как одного диапазона волн и работать на одной частоте, так и на различных частотах. В случае использования одной большой антенны с непрерывным раскрытием его представляют в виде нескольких отдельных ФАР с выводом управления на один пункт обработки и управления. Для этого используются алгоритмы управления и фазовой синхронизации одновременно.

В связи с этим все ФАР в зависимости от складывающейся температурной, помеховой, воздушно-огневой обстановки требуют совместной синфазной работы. Для этих целей используют следующие методы настройки:

- *Метод управления устройствами фазирования удаленных генераторов.* Сущность данного метода заключается во введении компенсирующих обратных связей. Для фазировки двух удаленных друг от друга генераторов можно использовать фазовую подстройку частоты, такую, что выходное напряжение будет равно нулю. При изменении задержки в линии связи будет изменяться частота обоих генераторов. Для устранения такой зависимости один из генераторов делают задающим, другой – ведомым.

- *Метод управления ФАР с помощью пилот-сигнала.* Имеется две ФАР, каждая из которых управляется пилот-сигналом от другой. Для формирования оптимального по передаваемой мощности амплитудно-

фазового распределения (АФР) антенны 1 (антенны 2) используют либо итеративную процедуру (имеется АФР на антенне 1, которое создает на антенне 2 пилот-сигнал, по этому пилот-сигналу на антенне 2 создается АФР на антенне 1), либо рассчитывают необходимое АФР (найти собственное максимальное АФР и умножить его на коэффициент, обеспечивающий равенство излучающей мощности номинальной, создавая при этом при фазосопреженном управлении на другой антенне максимальную передаваемую мощность).

Рассмотрев оба метода, можно сделать вывод о том, что использование пилот-сигнала будет более целесообразным на практике. Очевидным недостатком первого метода является высокое требование к надежности элементов, т. к. отказ в цепи одного звена может привести к существенным искажениям фазового фронта. Использовать такой алгоритм возможно только на передачу. Второй метод можно использовать для любого типа антенн.

Падающая на апертуру приемной антенны волна записывается k -мерным вектором s :

$$s = M \cdot e, \quad (3)$$

где M – $(m \times k)$ -мерная матрица передачи; m – количество излучателей; k – порядковый номер элемента ФАР; e – вектор направления излучения.

6. Алгоритм распределенного управления и фазирования ФАР

При управлении большими ФАР устройства управления располагают вблизи управляемых фазовращателей с целью сокращения количества соединительных фидеров. Распределенное управление можно осуществлять как в дискретной форме, так и в аналоговой. В антеннах такого типа возможно применение фазовращателей непрерывного действия, при этом нестабильность их характеристик управления не будет влиять на результат фазирования. Управление осуществляется в данном алгоритме по одному фидеру, а управляющие сигналы передаются от элемента к элементу с учетом их расположения.

Данный алгоритм применим для линейных, поверхностных и плоских ФАР.

Выше рассмотренные алгоритмы позволяют полностью раскрыть все возможности управления ФАР. Однако каждый алгоритм применим только для конкретной технической реализации и наилучшим образом решает только одну из поставленных перед РЛС задач. Совмещение нескольких алгоритмов позволяет расширить круг решаемых задач и создать более универсальные РЛС.

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ПОИСКА ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ СИГНАЛОВ

А.Г. Романов

Научный руководитель А.П. Романов
Сибирский федеральный университет

Радионавигационные системы предназначены для обеспечения навигации воздушных объектов, ориентирования морских и наземных средств, топопривязки, мониторинга подвижных объектов, а также решения других задач. Для их работы необходимо обеспечить поиск сигнала.

За счёт неидеальности аппаратуры, изменения условий распространения, возможной произвольности момента начала работы системы, а также движения передатчика, приёмника или ретранслятора сигнал, приходящий в точку приёма, имеет неопределённые (неизвестные) амплитуду, задержку, частоту и фазу. Неопределённость указанных параметров оказывает различное влияние на схемы и достоверность приёма.

Рассмотрим применяемый сигнал и его составляющие.

В разрабатываемом устройстве применяется псевдослучайный сигнал с частотной манипуляцией.

Структура псевдослучайного сигнала с частотной манипуляцией имеет следующий вид:

$$S(t) = \sum_{l=1}^L A \operatorname{rect}(t - t_{pi} + (l-1) \cdot \tau) \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot t + \pi \cdot d_l),$$

где l – номер элемента сигнала; L – число составляющих сигнала; A – амплитуда сигнала; $\operatorname{rect}[*]$ – импульс единичной амплитуды, длительностью τ , равной длительности элементов псевдослучайного сигнала, так что

$$\operatorname{rect}[t - (l-1)\tau] = \begin{cases} 1 & \text{при } (l-1)\tau \leq t \leq l\tau, \\ 0 & \text{при } (l-1)\tau > t > l\tau; \end{cases}$$

$\{d_l\}$ – двоичная ПС последовательность символов, формируемая генератором М-последовательности, $\{d_l\} = d_1, d_2, d_3, \dots, d_L$ и $d_l \in 0;1$; t_{pi} – время распространения сигнала; τ – длительность элемента сигнала; $2\pi f_0$ – циклическая частота.

Алгоритм формирования псевдослучайной последовательности (ПСП) реализуется.

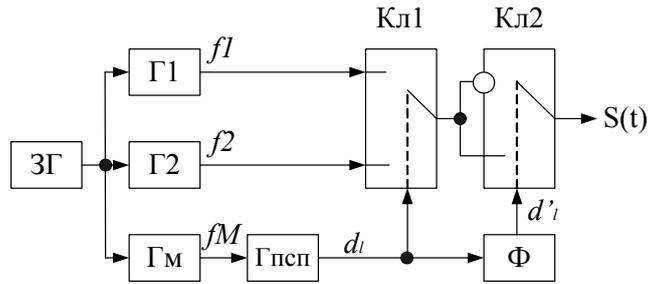


Рис. 1. Схема формирования ПСП

Задающий генератор служит для синхронизации генераторов Г1, Г2 и Гм. Генераторы Г1 и Г2 формируют сигналы с частотами f_1 и f_2 соответственно. Генератор Гм подаёт модулирующее колебание на Гпсп, формирующий кодовую последовательность d_l . Затем, ключ Кл1, управляемый этим кодом, переключается на канал с Г1 либо с Г2. Таким образом производится манипуляция частоты. Ключ Кл2, управляемый кодом d'_l с формирователя Ф, служит для обеспечения непрерывности фазы формируемого сигнала.

На настоящее время существует 2 метода поиска псевдослучайных сигналов: это: последовательный и параллельный. Их схемы приведены на рис. 2 и 3.

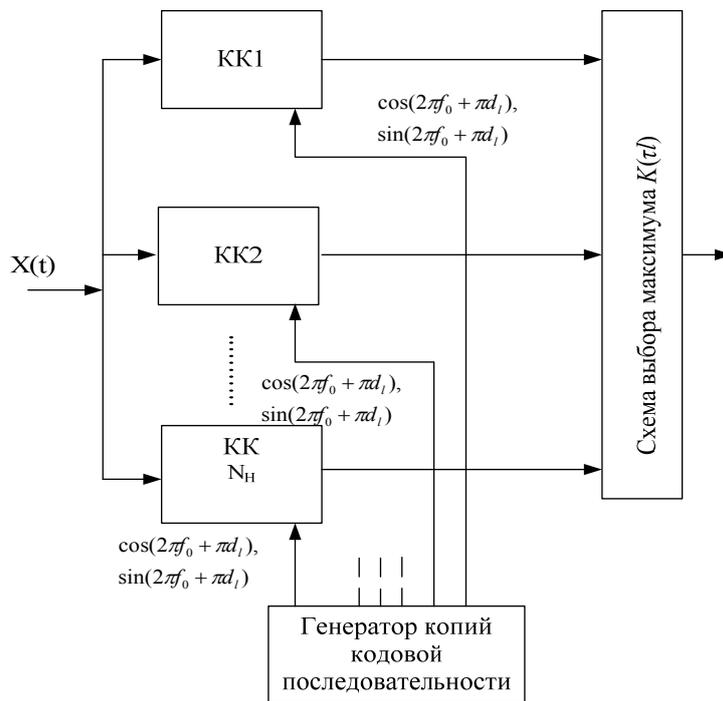


Рис. 2. Параллельный метод

В состав обеих схем входит квадратурный коррелятор, изображённый на рис. 4.

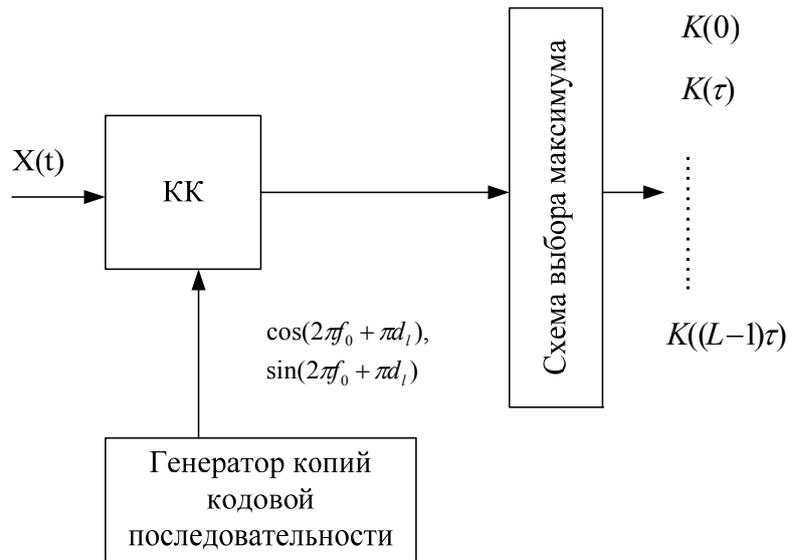


Рис. 3. Последовательный метод

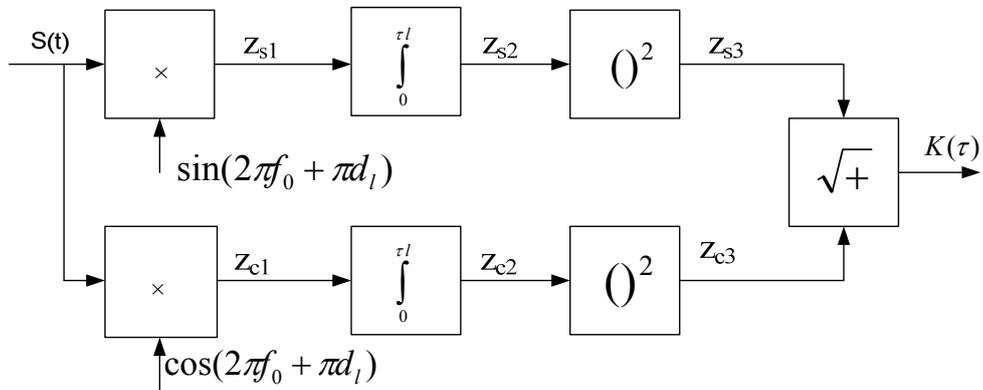


Рис. 4. Квадратурный коррелятор

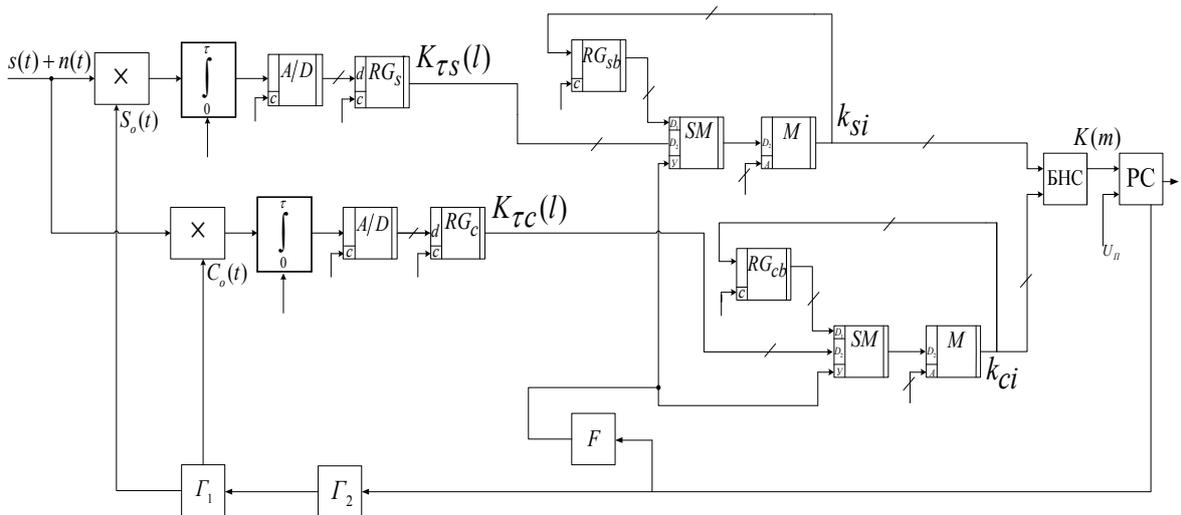


Рис. 5. Схема предлагаемого устройства

Приведённые выше методы поиска псевдослучайных сигналов имеют ряд недостатков: при последовательном методе время принятия решения во много превосходит длительность сигнала, при параллельном требуются большие аппаратные затраты.

Предлагаемое техническое решение заключается в следующем (рис. 5).

Работа схемы основана на вычислении квадратурных корреляций $k_{s(c)i}$ в ячейках памяти M через формирование L значений последовательно во времени, поэлементных квадратурных корреляций $K_{\tau s(c)}(l)$ на выходах регистров $RG_{s(c)}$ посредством перемножения анализируемого ПС сигнала

$$S(t) = \sum_{l=1}^L A_s \cdot \text{rect}[t - (l-1)\tau] \cdot \sin[\omega_0 t + \pi d_l]$$

с квадратурными опорными сигналами

$$S_0(t) = \sum_{l=1}^L d_l \cdot A_0 \cdot \text{rect}[t - (l-1)\tau] \cdot \sin(\omega_0 t)$$

и

$$C_0(t) = \sum_{l=1}^L d_l \cdot A_0 \cdot \text{rect}[t - (l-1)\tau] \cdot \cos(\omega_0 t),$$

которые формируются генератором Γ_1 , управляемым в соответствии с двоичным кодом опорного ПС сигнала d_l единичной амплитуды, формируемого генератором кода Γ_2 , интегрирования в интеграторах, аналогоцифрового преобразования в А/Д и хранение в регистрах $RG_{s(c)}$ полученных результатов в течении времени τ при формировании L i -ых квадратурных корреляций $k_{s(c)i}$ посредством буферных регистров RG , сумматоров SM и ячеек памяти M . Формирователь знаковой функции F управляет знаком суммируемых данных регистра RG .

ГОРНОЕ ДЕЛО: ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ В ГОРНОМ ДЕЛЕ

Горные транспортные машины, стационарные машины, металлургические машины

УДК 622

О РЕНОВАЦИИ БУРОВОГО ИНСТРУМЕНТА

К.Н. Котов

Научный руководитель А.В. Гилёв
Сибирский федеральный университет

Буровой инструмент является самым высоконагружаемым и ответственным элементом бурового станка, определяющим способ бурения в соответствии со свойствами буримых пород. Скоростные качества долота, его износостойкость и стоимость формируют главный критерий эффективности буровых работ – удельные затраты на бурение 1 м скважины, высокий уровень которых не соответствует современным требованиям к использованию ресурсов предприятий.

Выпускаемые шарошечные долота (ШД) являются неремонтопригодными, не подлежат восстановлению, и 80 % из них преждевременно выходят из строя из-за износа опор и вооружения. Ресурс долот при этом остается невыработанным. Кроме того, ШД имеют на вооружении дорогостоящий металлокерамический твердый сплав (групп ВК, ВК-В, ВК-ВК и др.), и до настоящего времени нет эффективной технологии его извлечения из отработанных шарошечных долот.

Отсутствует технология централизованной переработки и реставрации шарошечных долот, в связи с чем остро стоит вопрос разработки методов вторичных конструктивных преобразований БИ и технологии его утилизации.

Состояние и актуальность создания реновационных технологий при эксплуатации шарошечных долот

В настоящее время существует множество конструктивных решений по созданию различных видов буровой техники. Основное применение на открытых горных работах нашли станки вращательного бурения шарошечными долотами (СБШ), шнекового бурения режущими долотами (СБР), реже ударно-вращательного с погружными пневмоударниками (СБУ), термического и термобурами (СБО) и комбинированного типа (СБТМ, СБШК, БТС и др.).

При существующем состоянии техники и технологии увеличение производительности процесса бурения и снижение его себестоимости возможно в основном за счет создания буровых инструментов с высокими показателями надежности, достигаемыми с помощью новых конструкций, расширения границ рационального использования бурения резанием, применения новых износостойких материалов, а также разработки способов ремонта, восстановления и модернизации.

В настоящее время на разрезах и карьерах применяется в основном вращательное бурение шарошечными и режущими долотами, благодаря совершенствованию технологии взрывных работ, причём увеличиваются масштабы бурения резанием. До 83 % объёма бурения осуществляется шарошечным буровым инструментом.

На карьерах железорудных месторождений и цветных металлов, представленных в основном крепкими породами, шарошечный способ занимает 95-100 %, на угольных разрезах около 50 %, на карьерах по добыче нерудных полезных ископаемых (горно-химическое, и горно-металлургическое сырьё, строительные горные породы и др.) около 60 %. Способ бурения резанием на угольных разрезах занимает до 50 %, а на карьерах нерудного сырья – 20 %.

Ударно-вращательный способ бурения станками СБУ в значительных объемах до 30 % сохраняется на малых карьерах строительных материалов при проходке скважин диаметром 105-160 мм в породах высокой крепости при повышенных требованиях и кусковатости взорванной горной массы. На этих карьерах будет расширяться бурение резанием в слабых породах, а так же в перспективе режуще-ударный способ при проходке скважин в перемежающихся по крепости горных породах.

По горно-геологическим и экономическим условиям ведения горных работ наблюдается четкая тенденция к увеличению диаметра взрывных скважин, объясняемая стремлением использовать на карьерах простые гранулированные и комбинированные (смесь эмульсионных и гранулированных) ВВ, как наиболее дешевые и позволяющие полностью механизировать процесс как их приготовления, так и заряжания ими скважин.

Необходимый уровень работоспособности зарядов таких ВВ (скорость детонации, удельная концентрация энергии и др.) достигается увеличением диаметра скважин.

Расход шарошечных долот на указанный выше объём бурения составит 80-100 тыс. шт. с годовыми затратами на них более 2,3 млрд. руб. При этом будет преобладать использование долот диаметром 244,5 мм, в меньшей I степени – диаметром 269,9, 320 и 190-215,9 мм (уголь).

Затраты на буровые работы составляют от 15-30 % (угольные разрезы) до 45-50 % (рудные карьеры) от затрат на горные работы.

Анализ состояния и опыт использования шарошечных долот при бурении скважин на карьерах

Применяемый в настоящее время отечественный и зарубежный шарошечный буровой инструмент является неразборным. Он состоит из секций, соединенных между собой сварным швом. Каждая секция состоит из лапы, на цапфе которой смонтирована шарошка, свободно вращающаяся на подшипниках качения. Основная схема набора подшипников Р-Ш-Р: большой роликовый подшипник, шариковый ряд-замок, малый роликовый подшипник. Шарики замкового подшипника закладываются при сборке через отверстия в цапфе, которое заваривается. Соединённые сваркой секции долота образуют корпус, его верхняя часть заканчивается резьбовым конусным ниппелем, с помощью которого долото присоединяют к штанге бурового става.

В связи с большим отличием горных пород и руд по механическим и абразивным свойствам, изготавливается большой набор типов шарошечных долот, отличающихся по: диаметру; виду породоразрушающего вооружения; опорам; продувочным устройствам и другим элементам бурового става.

Технологические и конструктивные особенности специализированного бурового инструмента

Конструктивные решения буровых инструментов определяют способы и режимы бурения скважин, которые во многом обуславливают экономику буровых работ. Как было отмечено выше, одним из основных критериев оценки эффективности работы буровых долот является их стойкость (долговечность), повышение которой приводит к многократному увеличению их стоимости и удорожанию удельных затрат, приходящихся на 1 м буровой скважины. Такой подход к бурению неглубоких (по сравнению с нефтяными, газовыми и горно-разведочными) скважин на открытых горных, земляных и строительных работах является неоправданным.

Поэтому конструкции буровых инструментов должны обеспечивать: одинаковый ресурс узлов и деталей; разборность, при которой достигается

высокий уровень ремонтпригодности детали и взаимозаменяемости породоразрушающих элементов, снабженных вооружением, соответствующим специфике бурения; применение в сложных горно-геологических условиях, характеризующихся широким диапазоном изменения физико-механических свойств горных пород; осуществление их конструктивных преобразований, расширяющих технические и технологические возможности долот.

Специфические условия бурения неглубоких скважин определяют необходимость создания типоразмерного ряда новых видов специализированных буровых инструментов, обладающих качественно иными технологическими свойствами, удовлетворяющими потребительские требования к технологическому процессу ведения буровых работ.

Утилизация изношенного бурового инструмента

Применяемые для изготовления бурового инструмента материалы весьма дорогостоящие, поэтому возникает необходимость переработки изношенных буровых долот с целью повторного использования высококачественных сталей и отходов металлокерамического твердого сплава, из которого изготавливают зубки и армируют ими вооружение шарошек.

Эта задача усложняется тем, что предварительно нужно извлекать твердый сплав из отработанных породоразрушающих элементов бурового инструмента, в том числе после его реставрации по указанным технологиям.

Для извлечения твердосплавных зубьев требуется высокоэффективная технология и совершенная техника, разработке которых посвящен ряд исследований, выполненных коллективом кафедры «Горные машины и комплексы» ГУЦМиЗа.

Существующие способы извлечения твердого сплава из бурового инструмента можно разделить на четыре группы: механические, термомеханические, химические и взрывоимпульсные.

Механические способы характеризуются воздействием на породоразрушающие элементы усилий, обеспечивающих отделение твердосплавных зубков за счет разрушения этих элементов. Например, для этого применяют обтачивание шарошек, их разрезание или разрушение с помощью клина. После реализации данных способов породоразрушающие элементы к дальнейшей эксплуатации не пригодны.

Термомеханические способы характеризуются температурным воздействием на породоразрушающий инструмент с одновременным или последующим приложением к нему механических усилий, обеспечивающих отделение твердосплавных зубков. При реализации этих способов отсутствие регулирования температуры нагрева наружной поверхности породоразрушающего элемента приводит к его оплавлению, что также делает невозможным его дальнейшее применение.

Химические способы основаны на взаимодействии поверхности породоразрушающего элемента с кислотой, которая, вступая в реакцию с металлом, разрушает эту поверхность, способствуя отделению твердосплавных зубков.

Взрывоимпульсные способы характеризуются воздействием на внутреннюю полость шарошки, заполненную жидкостью, ударных импульсов, образующихся в этой жидкости от действия взрывчатого вещества, в результате чего твердосплавные зубки отделяются от тела шарошки. Реализация этих способов позволяет сохранять целостность породоразрушающих элементов, однако требует высоких мер безопасности и сложного технического обеспечения. Следует отметить, что известные нам способы извлечения твердосплавных зубков применимы только при утилизации долот с конусными шарошками и не предусматривают их реализацию при переработке других видов бурового инструмента (шарошечных расширителей, долот с фрезерным породоразрушающим инструментом, зучатодисковыми шарошками и др.).

Основной задачей процесса извлечения твердосплавных зубков из отработанного бурового инструмента является снятие прессовых напряжений в соединении зубок – породоразрушающий элемент.

УДК 622.23.05

ПРИМЕНЕНИЕ АКТИВАТОРА ВЯЗКОПЛАСТИЧНЫХ СРЕД ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ЗАКЛАДОЧНЫХ СМЕСЕЙ

С.А. Молокитин

Научный руководитель А.Н. Анушенков

Сибирский федеральный университет

При добыче полезных ископаемых шахтным способом возникает необходимость проведения закладочных работ. Это требуется для управления горным давлением, снижения потерь полезных ископаемых в недрах, выемки законсервированных охранных целиков, предотвращения подземных пожаров и внезапных выбросов угля и газа, уменьшения деформаций поверхности земли и охраны от разрушения объектов на подрабатываемых территориях, оставления в шахте породы от проходческих работ, повышения безопасности горных работ.

Существует несколько способов транспортирования закладочного материала и формирования из него массива. Закладка разделяется на

гидравлическую, пневматическую, твердеющую, самотёчную, механическую.

При твердеющем способе закладки смеси подают с поверхности самотёком либо насосами по главному и участковым трубопроводам с последующим пневмоподдувом для увеличения расстояния транспортирования, а при неглубоком залегании – через специальные закладочные скважины. При самотечном транспортировании твердеющей закладки предельная длина участка трубопровода определяется по формуле [1]

$$l_{max} = K_3 \cdot H \left(\frac{\gamma}{10\Delta p} - 1 \right) - 12n_1 - 6n_2,$$

где H – высота вертикального става, м; K_3 – коэффициент запаса высоты вертикального става, $K_3 = 0,7-0,8$; γ – объемный вес закладки, МН/м^3 ; Δp – удельные потери напора, $\text{кг}/(\text{см}^2 \cdot \text{м})$; n_1 и n_2 – число колен трубопровода с углами поворота 90 и 45° , эквивалентными по сопротивлению соответственно 12 и 6 м прямого трубопровода.

Дальность подачи твердеющей закладки самотечным способом определяется реологическими свойствами твердеющей смеси, диаметром трубопровода, его шероховатостью, производительностью комплекса и определяется соотношением вертикального столба смеси и горизонтальной длины самотечного участка от $1 : 3$ до $1 : 5$. Поэтому необходимо также учесть реологические свойства смесей и состояние внутренней поверхности трубопровода.

Состояние текучести закладочных смесей сохраняется при механическом воздействии на них, при отсутствии которого смесь в течении $5-7$ минут переходит в состояние структурированного раствора, расслаивается, теряет подвижность. Далее образуются пробки, препятствующие течению закладочной смеси. Образование придонного слоя зависит от величины энергии потока, которая необходима для преодоления трения скольжения. Для этого определяется $\vartheta_{кр}$ [3]

$$\vartheta_{кр} = \sqrt{\frac{2gD \cdot \kappa_0(\Delta_0 - 1) \cdot 1,96H_{max} \cdot H_{кр}[1 - (a)_{кр}] \cdot \rho_w \cdot \omega^2}{[1 - (a)_{кр}] \cdot P_{кр} \cdot (\lambda_2)_{кр}}},$$

где $(a)_{кр}$ – безразмерное относительно смещение кинематической оси; $H_{кр}$ и H_{max} – критическая и максимальная толщина подвижного донного слоя твердых частиц соответственно, мм; g – ускорение свободного падения, м/с; D – диаметр трубопровода, мм; $P_{кр}$ – критическое давление, Па/м; λ_2 – коэффициент гидравлического трения; Δ_0 – удельные потери напора, $\text{кг}/(\text{см}^2 \cdot \text{м})$; κ_0 – коэффициент мокрого трения скольжения твердых частиц по дну трубы (определяется экспериментально).

Анализ простоев в работе закладочных комплексов показал, что процент потерь времени, связанных с закупоркой трубопроводов, составляет:

- на шахте «Коксовая» 21 % в летний период, 18,6 % в зимний период;
- на руднике «Маяк» 26 % в летний период, 19 % в зимний период;
- на руднике «Таймырский» 22,6 % в летний период, 15,7 % в зимний период.

Вместе с простоями, связанными с закупоркой, появляется дополнительная нагрузка на рабочие узлы насосов, которые приводят к преждевременному их износу и увеличивают электропотребление.

При использовании твердеющего способа закладки камер реологические свойства твердеющих смесей должны обеспечивать: устойчивое их транспортирование по трассе закладочного трубопровода; равномерное без расслоения растекание по камере и необходимую глубину проникновения в породу. В связи с этим расслаивание и твердение закладочных смесей в процессе транспортирования недопустимо.

Для решения данных проблем предлагается устройство активации вязкопластичных сред вибрационного типа [2].

Активатор вязкопластичных сред состоит из прямоугольной проточной камеры 1 со щелевидным каналом 2, консолей 3, пластин-резонаторов 4, источников переменного магнитного поля 5. Прямоугольная проточная камера присоединяется, например, с помощью фланцевых соединений 6 к основному ставу трубопровода 7.

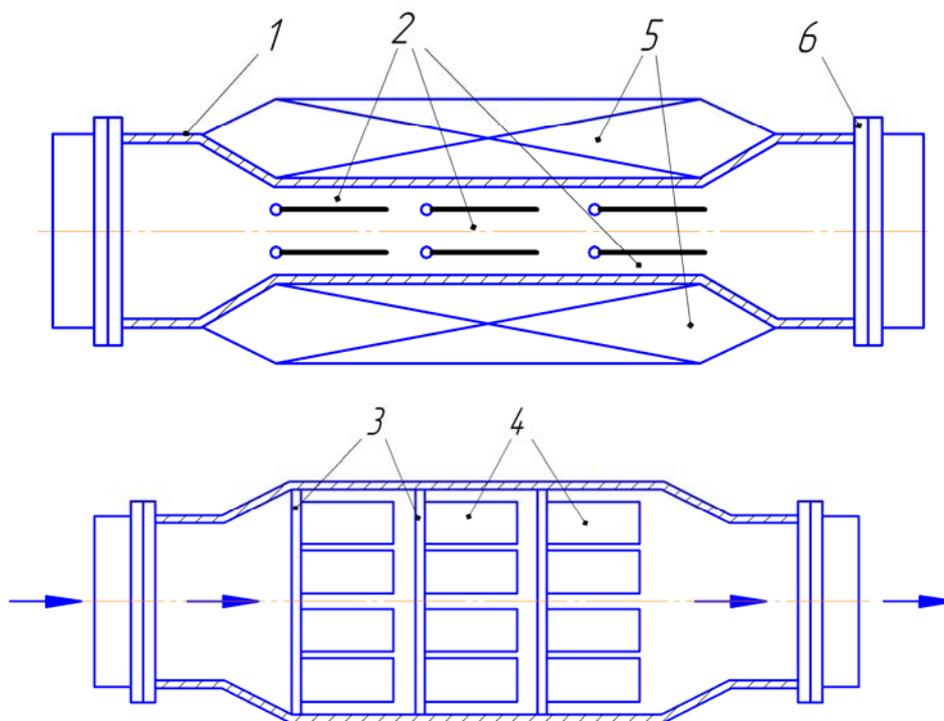
Камера 1 изготавливается из магнитопроницаемого материала (парамагнетика или ферромагнетика). Материалами для изготовления камеры 1 могут служить электротехнические стали, металлы и т. п.

Источник переменного магнитного поля 5, размещенный с внешней стороны камеры, представляет собой обмотку со стержнем, в котором генерируется переменное магнитное поле. Синхронность работы источников достигается за счет импульсного блока управления. Консоли 3, выполненные из рессорной стали, способны выдержать большое количество колебаний.

Пластины-резонаторы 4 изготавливаются из магнитного материала и закреплены в консолях 3. Размеры устройства зависят от диаметра трубопровода, в котором оно устанавливается.

При транспортировке по трубопроводу жидких сред и смесей оснащенным устройством приводят в колебательное движение за счет резонанса пластины резонаторы путем включения источника переменного магнитного поля. При колебании пластин происходит турбулизация потока смеси, ее интенсивная обработка за счет кавитационного эффекта. Таким образом, идет интенсивная активация смеси, при которой возникают частые интенсивные соударения частиц смеси, их разрушение и измельчение с переме-

шиванием. При использовании данного активатора в процессе транспортировки по трубопроводу твердеющих закладочных смесей происходит разрушение зерен вяжущего, удаление гидратных пленок, повышение однородности смеси и, как следствие, увеличение прочности смеси.



*Рис. 1 Активатор вязкопластичных сред
1 – корпус; 2 – канал; 3 – консоли; 4 – пластины резонаторы;
5 – источники переменного магнитного поля; 6 – фланцевое соединение*

Подбирая режим обработки за счет амплитуды и частоты резонирования пластин, можно управлять процессом активации смесей.

Данное устройство позволит обеспечить транспортировку закладочной смеси без закупорки трубопроводов и на более удаленное расстояние, вместе с этим увеличит степень гомогенизации смесей, которые были недостаточно однородны по каким либо причинам.

Список литературы

1. Кравченко, В.Т. Методика оценки транспортабельности твердеющих закладочных смесей / В.Т. Кравченко, В.П. Кравченко, Э.О. Штернбек // Горный журнал. Известия вузов. 1970. – №9
2. Анушенков А.Н., Штеле В.И. №1778320 Устройство обработки жидких сред.
3. Анушенков А.Н. Разработка комплексов приготовления и транспорта твердеющих смесей для закладки горных выработок. Монография. ГОУ ВПО «Гос. ун-т цвет, металлов и золота». Красноярск, 2006. – 172 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ЧЕТЫРЁХМАШИННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА ОДНОКОВШОВОГО ЭКСКАВАТОРА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИСБАЛАНСА

Р.Н. Салтанов, В.И. Мигунов
Научный руководитель В.И. Мигунов
Сибирский федеральный университет

Внедрение средств диагностирования является одним из важнейших факторов повышения экономической эффективности использования оборудования в промышленности. Назначение диагностики – выявление и предупреждение отказов и неисправностей, поддержание эксплуатационных показателей в установленных пределах, прогнозирование состояния в целях полного использования доремонтного и межремонтного ресурса.

Методы вибродиагностики направлены на обнаружение и идентификацию неисправностей агрегатов горных машин и оборудования, влияющих на их вибрацию – дефектов роторов, дефектов опорной системы, узлов статора, подшипников качения, испытывающих или генерирующих динамические нагрузки. При вибрации часто возникает такое явление как резонанс. Зависимость амплитуды вынужденных колебаний от частоты вынуждающей силы приводит к тому, что при некоторой определенной для данной системы частоте амплитуда колебаний достигает максимального значения. Колебательная система оказывается особенно отзывчивой на действие вынуждающей силы при этой частоте. Это явление называется резонансом, а соответствующая частота – резонансной частотой. Графически зависимость амплитуды x_m вынужденных колебаний от частоты ω вынуждающей силы описывается резонансной кривой (рис. 1).

Основной составляющей вибрации является дисбаланс. Дисбаланс – векторная величина, характеризующая неуравновешенность вращающихся частей машин (роторов, коленчатых валов, шкивов и т. п.).

Неуравновешенность возникает при несовпадении оси вращения с главной осью инерции. Совмещение этих осей достигается балансировкой.

Балансировка – это процесс определения и устранения дисбаланса корректировкой смещённой массы тела. Балансировка представляет собой один из способов виброналадки. Балансировка необходима всем вращающимся частям машины: барабанам, валам, колесам, маховикам, роторам и т.п.

При разработке машин и механизмов конструкторы и технологи стараются уменьшить вредные вибрации, подобрав наилучшие конструкции и технологии изготовления, и добиваются весовой симметрии всех движущихся частей.

щихся частей путем уравнивания. Однако при изготовлении вращающихся деталей и механизмов и далее при их эксплуатации возникают условия, нарушающие симметрию и приводящие к неуровновешенности. Дисбаланс приводит к вибрациям вращающихся деталей, что значительно снижает срок службы машины, сокращает межремонтный период, а в конечном итоге может стать причиной аварии и разрушения механизма.

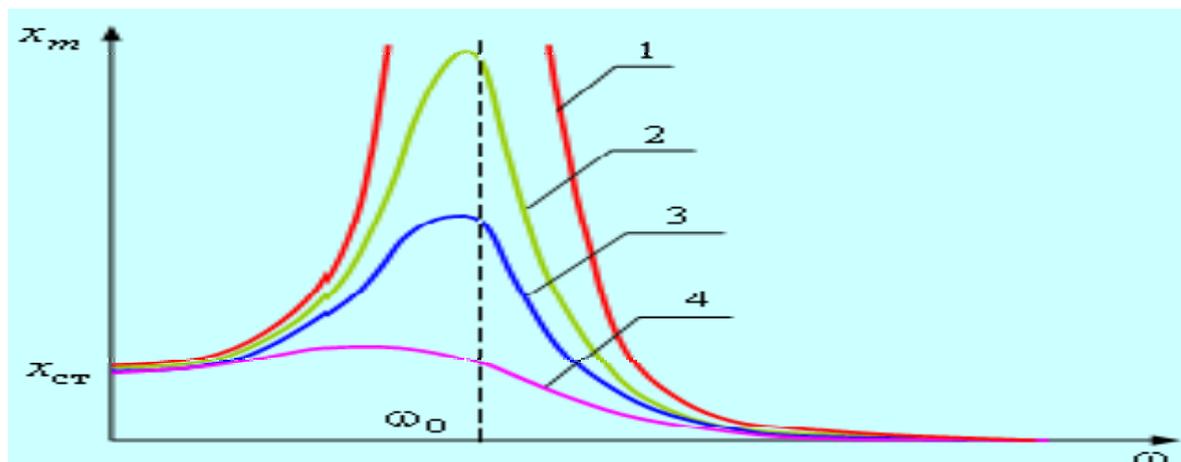


Рис. 1. Резонансные кривые для различных значений коэффициента затухания: 1 – коэффициент $\beta = 0$; 2, 3, 4 – реальные резонансные кривые для колебательных систем с $\beta_2 > \beta_3 > \beta_4$

Так, например, карьерный экскаватор ЭКГ имеет сложный преобразовательный агрегатмеханизм, и при его ремонте предприятие несёт большие затраты на его демонтаж, транспортирование, наладку, балансирование и монтаж.

Чтобы уменьшить дисбаланс при изготовлении, ремонте и эксплуатации, выполняется балансировка вращающихся тел (валов оборудования) с помощью изменения их массы.

Исходя из вышесказанного, нами разработана и изготовлена экспериментальная модель четырёхмашинного преобразовательного агрегата для моделирования дисбаланса (рис. 2).

Данная установка представляет собой модель привода, состоящую из трёхфазного электродвигателя, трёх валов с дисками для моделирования дисбаланса, каждый вал имеет по два диска с отверстиями, расположенными через каждые 20° внутреннем и 10° наружном диаметре для установки в них грузов, диски могут перемещаться вдоль оси для изменения центра масс, так как это связано с несимметричностью ротора моделируемого генератора, и преобразователя частоты, с помощью которого можно установить все режимы работы реального оборудования. Вся конструкция жестко крепится на платформе, валы установлены на опорах в подшипниках качения и соединены с электродвигателем муфтами. Модель можно установить под любым углом для приближения к реальным условиям.

Разработанная нами установка для моделирования дисбаланса в приводах горного оборудования позволит студентам изучить и освоить метод балансировки. С помощью данного метода студенты смогут определять состояние горного оборудования, распознавать различные дефекты по типу их проявления.

Данный метод очень важен, так как он помогает поддерживать приводы горных машин в работоспособном состоянии. Предотвращает критическую поломку техники, что позволяет значительно снизить её простои и средства на ремонт.

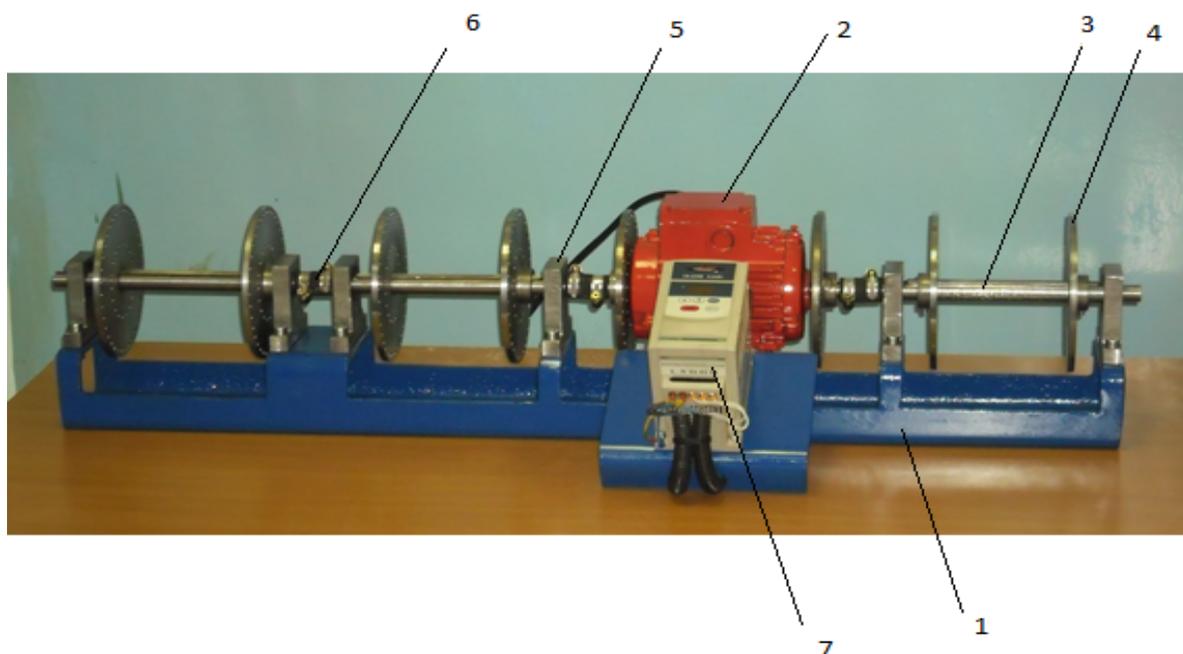


Рис. 2. 1 – рама; 2 – электродвигатель; 3 – вал; 4 – регулировочный диск; 5 – подшипниковая бокса; 6 – муфта; 7 – преобразователь частоты.

Список литературы

1. Ширман А., Соловьев А. Практическая вибродиагностика (учебный курс) и мониторинг состояния механического оборудования.
2. Русов В.А. Спектральная вибродиагностика, 1996 г.
3. Балицкий Ф.Я., Иванова М.А., Соколова А.Г., Хомяков Е.И., “Виброакустическая диагностика зарождающихся дефектов”. – М.: Наука, 1984. – 129 с.
4. Карасев В.А., Ройтман А.Б., “Доводка эксплуатируемых машин. Вибродиагностические методы. – М.: Машиностроение, 1986. 192 с.
5. Коллакот Р.А. Диагностирование механического оборудования. – М.: Судостроение, 1980. – 296 с.

Механика и графика в подготовке горных инженеров

УДК 531.622

ВЛИЯНИЕ СМЕЩЕНИЯ ОСИ ВРАЩЕНИЯ РОЛИКА КОНВЕЙЕРА НА ДИНАМИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ

И.В. Николаев

Научный руководитель С.А. Косолапова
Сибирский федеральный университет

Для транспортирования горной массы на подземных и открытых работах наиболее распространены ленточные конвейеры (рис. 1). Основные элементы конвейера: тягово-несущий орган, опорные и направляющие элементы, конвейерный став, привод. Тягово-несущим органом ленточного конвейера является бесконечная гибкая лента, опирающаяся своими рабочей и холостой ветвями на роликовые опоры и огибающая на концах конвейера приводной и натяжной барабаны.



Рис. 1. Ленточный конвейер

Рассмотрим влияние незначительного смещения оси вращения ролика по отношению к наружной поверхности корпуса ролика на динамическое давление на ось ролика. Предположим, что ролик ленточного конвейера диаметром d вращается вокруг оси O (рис 2, *a*). Ось O_1 наружной цилиндрической поверхности корпуса ролика диаметром D смещена на расстояние Δ от оси вращения.

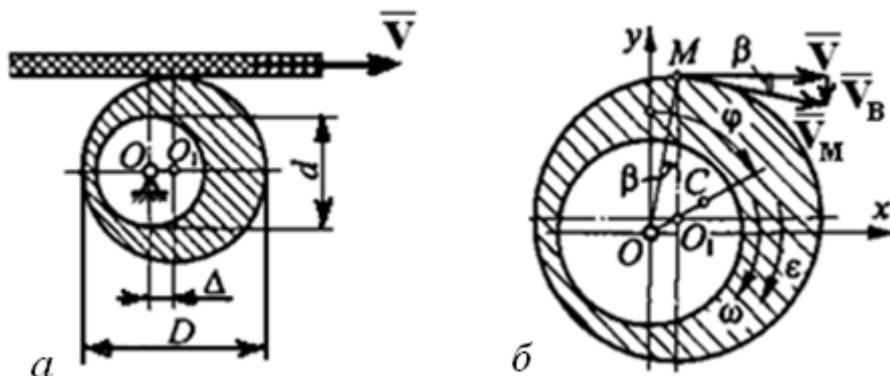


Рис. 2. Расчетная схема ролика

В общем случае динамические реакции приводятся к силе и к паре сил, которые уравнивают главный вектор и главный момент сил инерции. В рассматриваемой задаче требуется найти динамическое давление на ось, численно равное модулю главного вектора сил инерции, для определения которого необходимо знать ускорение центра масс ролика. Центр масс C ролика (рис. 2, б) расположен на линии центров OO_1 наружной и внутренней поверхностей ролика на расстоянии OC от оси его вращения. Положение центра тяжести сечения корпуса ролика конвейера определяется методом отрицательных площадей

$$OC = \Delta_C = D^2 \Delta / (D^2 - d^2).$$

В произвольном положении ролика абсолютная скорость точки M контакта ролика с лентой \bar{V}_M , перпендикулярная радиусу OM , складывается из горизонтальной скорости ленты \bar{V} и скорости поперечных колебаний ленты, вызванных изменением ординаты точки контакта \bar{V}_B .

Из треугольника скоростей, показанного на рис. 2, видно, что

$$V_M = V / \cos \beta,$$

где β – угол между радиусом OM и вертикалью.

Определим угловую скорость ролика

$$\omega = V_M / OM = V / OM \cos \beta = V / (R + \Delta \cos \varphi),$$

где φ – угол поворота линии центров OO_1 от оси ординат, отсчитываемый в направлении вращения ролика; R – радиус наружной цилиндрической поверхности ролика.

Угловое ускорение ролика

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d\omega}{d\varphi} \omega = \frac{V^2 \Delta \sin \varphi}{(R + \Delta \cos \varphi)^3}.$$

Если $\varphi = 90^\circ$, то

$$\omega = V / R, \quad \varepsilon = \frac{V^2 \Delta}{R^3}.$$

Теперь можно определить составляющие главного вектора сил инерции.

Модуль нормальной (центробежной) силы инерции

$$F_n^I = ma_C^n = m\Delta_C \omega^2.$$

Модуль касательной (тангенциальной) силы инерции

$$F_\tau^I = ma_C^\tau = m\Delta_C \varepsilon.$$

Динамическое давление на ось, равное главному вектору сил инерции R^I ,

$$F_{ДИН} = R^I = \sqrt{(F_\tau^I)^2 + (F_n^I)^2}.$$

Если принять смещение $\Delta = 1$ мм, массу ролика $m = 11$ кг, диаметры $D = 160$ мм, $d = 150$ мм, то динамическое давление на ось составит $F_{ДИН} = 227$ Н, а сила тяжести ролика $P = 110$ Н.

Таким образом, динамическое давление, вызванное сравнительно небольшим смещением наружной поверхности ролика относительно оси его вращения, в более чем два раза превышает силу тяжести ролика.

УДК 531:622.002.5

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОХОДЧЕСКОГО КОМБАЙНА СТРЕЛОВИДНОГО ТИПА

А.Е. Чернова, Я.М. Ковалева
Научный руководитель Т.Г. Калиновская
Сибирский федеральный университет

Проходческие комбайны (ПК) предназначены для проведения подготовительных горных выработок. Их применение позволяет механизировать основные процессы проходческого цикла: разрушение горной породы, ее удаление из забоя выработки и погрузку на транспортные средства. Использование ПК позволяет совместить во времени основные, наиболее трудоемкие операции, что дает возможность повысить в 2-2,5 раза произ-

водительность труда и темпы проведения выработок, снизить стоимость проходческих работ и значительно обезопасить труд рабочих подготовительного забоя в сравнении с буровзрывным способом. Кроме того, при комбайновом способе проведения существенно повышается устойчивость горных выработок, так как связанность пород в массиве нарушается в меньшей степени, чем при буровзрывных работах.

Доминирующее применение в угольной промышленности нашли ПК стреловидного типа. Достоинствами таких комбайнов являются: возможность варьирования в широком диапазоне размерами и формой выработки; высокая маневренность; возможность селективной выемки полезного ископаемого; механизация вспомогательных операций; возможность установки крепи возле забоя выработки; относительно небольшая масса; хороший доступ к рабочему инструменту.

В процессе работы комбайна возможны опасные режимы работы, такие как срабатывание предохранительного клапана в гидросистеме, опрокидывание электродвигателя, потеря устойчивости комбайна в выработке. Они играют все возрастающую роль при увеличении интенсивности рабочих процессов проходческих комбайнов и должны учитываться при проектировании этих машин и выборе режима их работы.

Под потерей устойчивости комбайна понимается отрыв опор от почвы выработки, что приводит к нестабильной работе его силовых подсистем. Потеря устойчивости проходческого комбайна со стреловидным исполнительным органом (ИО) возможна, например, при работе на крепкой породе, при нижнем положении разрушаемой пачки и подаче ИО справа налево (встречное фрезерование). Причиной потери устойчивости комбайна в данном режиме является «отрицательное» сопротивление подаче ИО на забой, при котором происходит самозатягивание ИО в забой с одновременным формированием значительной вертикальной составляющей внешней нагрузки. Для повышения устойчивости комбайна рекомендуется увеличить массу машины и опорную базу.

Проверка проходческого комбайна на устойчивость осуществлялась для трех вариантов: продольная устойчивость, поперечная устойчивость и устойчивость при развороте исполнительного органа.

В работе проводили расчеты коэффициента запаса устойчивости проходческого комбайна КСП 22МГ со стреловидным рабочим органом при опрокидывании вокруг ребра АВ под действием силы $F = 40$ кН и пары сил с моментом $M = 10,1$ кНм, приложенных к режущей коронке, а также сил тяжести стрелы $G_1 = 30$ кН и корпуса $G_2 = 165$ кН

Коэффициент устойчивости комбайна определяется отношением суммарного момента удерживающих сил $M_{уд}$ к суммарному моменту опрокидывающих сил $M_{опр}$.

При этом принимается, что линия опрокидывания проходит по краю опорной поверхности гусениц в точках *A* и *B*.

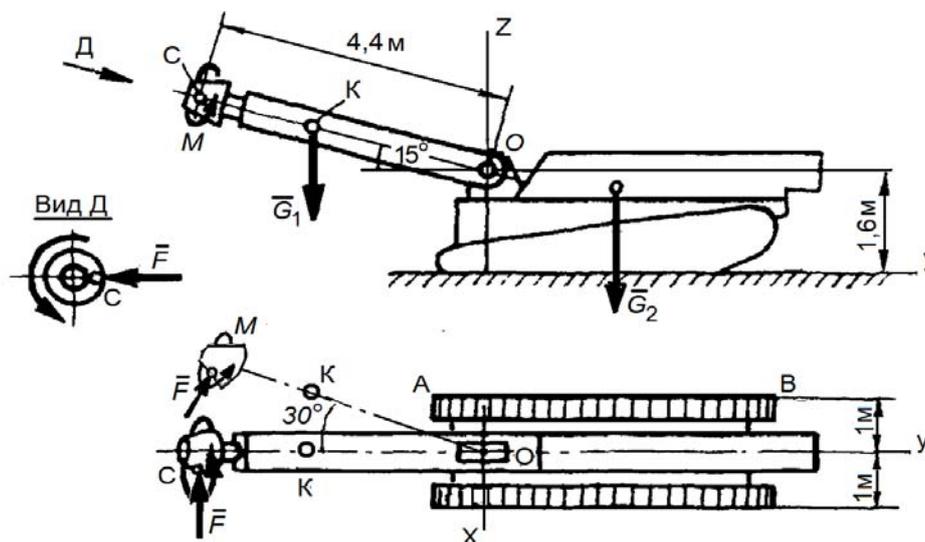


Рис.1. Расчетная силовая схема комбайна проходческого со стреловидным исполнительным органом

При исследовании зависимости коэффициента запаса устойчивости проходческого комбайна от высоты рабочего положения ИО учитывали, что силы резания F , действующие на коронку, и момент пары сил M стремятся опрокинуть комбайн вокруг ребра AB . Удерживающими силами являются силы тяжести стрелы и комбайна. Зависимость приведена на рис. 2, а.

При исследовании запаса устойчивости комбайна при повороте стрелы вокруг вертикальной оси в сторону ребра AB учитывали, что когда центр тяжести стрелы пересекает линию AB , сила тяжести стрелы становится опрокидывающей, а удерживающий момент создается только силой тяжести корпуса. Зависимость приведена на рис. 2, б.

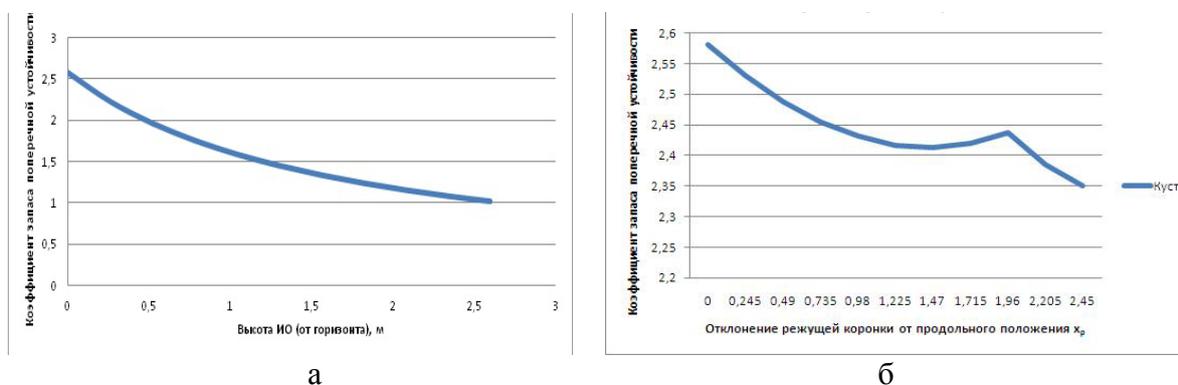


Рис. 2. Зависимости коэффициента запаса устойчивости проходческого комбайна КСП 22МГ от высоты рабочего положения ИО и при развороте стрелы

Значение коэффициента запаса устойчивости должно быть больше единицы, т. е. расчет показал, что условие устойчивости соблюдается для всех положений исполнительного органа.

УДК 621.01

ВЛИЯНИЕ МОДУЛЯ И ЧИСЛА ЗУБЬЕВ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ПРЯМОЗУБОЙ ПЕРЕДАЧИ

И.Н. Шефер

Научный руководитель В.Я. Дьяконова

Сибирский федеральный университет

Зубчатые передачи в современном машиностроении являются наиболее распространенным видом механических передач, обеспечивающих наряду с высокими КПД и простотой обслуживания, надежность и долговечность в работе.

Однако в ряде случаев долговечность зубчатой передачи значительно снижается. Практика показывает, что зубчатые передачи многих машин, например: горных, буровых, строительных, дорожных и др., работающих в условиях повышенной запыленности окружающей среды, подвержены абразивному изнашиванию, резко сокращающему их срок эксплуатации. Одним из путей повышения долговечности таких передач является выбор оптимальных параметров зацепления (модуль и число зубьев).

Тезис посвящен исследованию влияния величины модуля m_n и, соответственно, числа зубьев z при определенных диаметрах начальных окружностей прямозубой передачи, установленной в соосном редукторе тихоходной ступени привода рабочей машины.

Привод рабочей машины трехступенчатый с открытой плоскоремennой передачей и двухступенчатым соосным редуктором. Данные кинематического расчета привода представлены в табл. 1.

В результате проектного расчета наиболее нагруженной тихоходной ступени соосного редуктора из условия контактной прочности определено межосевое расстояние $a_\omega = 280$ мм. Материалом прямозубых колес для лучшей приработки зубьев принята сталь с твердостью $HВ < 350$ с допускаемыми контактными напряжениями колеса $[\sigma_H]_2 = 409$ МПа. Как известно, величина модуля зацепления при проектировании передач обычно назначается в пределах $(0,01 \div 0,02)a_\omega$. Причем для силовых передач модуль меньше $m_n = 2$ мм не рекомендуется, а в случае перегрузок или при возможности износа зубьев берется наибольшее значение, т. е. $m_n = 0,02 a_\omega$ [1].

Таблица 1. Параметры привода

Н о а м л е а р	Частота вращения, об/мин		Крутящий момент, Нм		Передаточное отношение		КПД	
	Обозначение	Значение	Обозначение	Значение	Обозначение	Значение	Обозначение	Значение
1	n_1	2950	T_1	66	$U_{отк}$	2,19	$\eta_{отк}$	0,95
2	n_2	1374	T_2	137	$U_{б.ред.}$	3,55	$\eta_{зуб.цпл.}$	0,97
3	n_3	379	T_3	470	$U_{т.ред.}$	3,15	$\eta_{зуб.цпл.}$	0,97
4	n_4	120	T_4	1435				

Для повышения работоспособности все элементы машин должны быть равнопрочными. Контактная прочность зубьев является основным критерием работоспособности большинства зубчатых передач. Наибольшее контактное напряжение в зоне зацепления определено по формуле Герца. Контактная прочность зубьев колес зависит от материала и размеров передачи и не зависит от модуля и числа зубьев в отдельности. Но по условиям контактной прочности при принятом межосевом расстоянии a_ω модуль и число зубьев могут иметь различные значения, но с соблюдением условий: $a_\omega = 0.5 m_n (z_1 + z_2)$ и передаточным числом $U = z_2/z_1$.

Вторым из двух основных критериев работоспособности зубчатых передач является прочность зубьев на изгиб. При проектировании стремятся к равной изгибной прочности шестерни и колеса. На рис. 1 представлена зависимость контактных напряжений от модуля зубчатых колес.

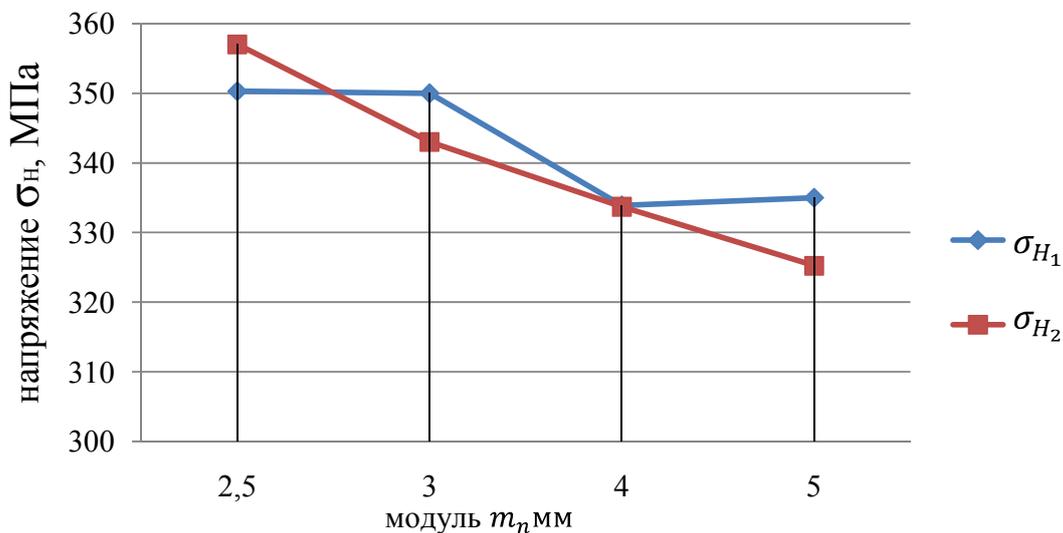


Рис. 1. Зависимость контактных напряжений шестерни и колеса от величины модуля

На рис. 2 представлен график изменения изгибных напряжений шестерни и колеса от величин модуля m_n .

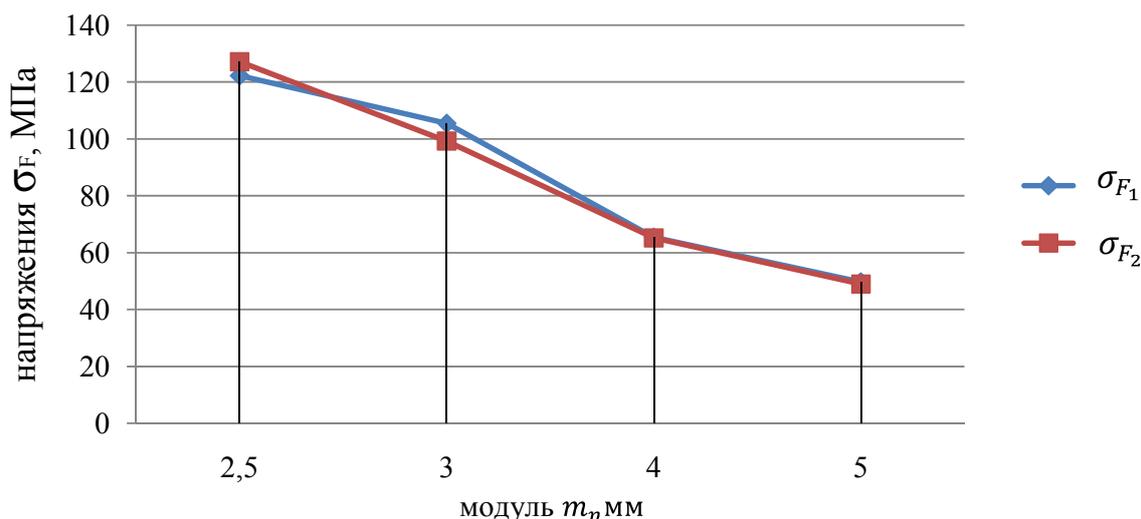


Рис. 2. Зависимость изгибных напряжений шестерни и колеса от величины модуля

Расчеты проводились на ЭВМ в программе AutodeskInventor. Анализ полученных зависимостей показал, что при $m_n = 2.75$ мм и $m_n = 4$ мм шестерня и колесо имеют одинаковые контактные и изгибные напряжения, т. е. равнопрочные, при этом недогрузка по контактным напряжениям, соответственно, 14,4 % и 18 %.

Уменьшение модуля и соответствующее увеличение числа зубьев способствует уменьшению удельного скольжения, что увеличивает КПД и надежность передачи против заедания, но увеличивается степень неравномерности распределения нагрузки между соседними зубьями и снижается запас изгибной прочности передачи [2].

В приведенном исследовании тихоходной ступени соосного редуктора предполагалось, что износ зубьев не достигнет предельного значения, ограниченного запасом прочности зуба по напряжениям изгиба, поэтому для зубчатых колес в качестве расчетного был принят модуль $m_n = 4$ мм. В таблице 2 представлены геометрические параметры зубчатой пары.

Таблица 2. Геометрические параметры

Тип модели		Шестерня	Колесо
Количество зубьев	z	34	106
Делительный диаметр	d	136 мм	424 мм
Наружный диаметр	d_a	144 мм	432 мм
Диаметр впадин	d_f	126 мм	414 мм
Диаметр основной окружности	d_b	127.798 мм	398,430 мм
Диаметр начальной окружности	d_w	136 мм	424 мм
Ширина колес	b	118 мм	114 мм

Программа AutodeskInventor позволила определить массу редуктора при различных значениях расчетных и допускаемых контактных напряже-

ниях. В нашем случае при $\sigma_H < [\sigma_H]$ происходит увеличение массы редуктора на $\approx 10\%$ по сравнению с тем, если $\sigma_H = [\sigma_H]$. Варьируя шириной зубьев можно добиться достижения равенства $\sigma_H = [\sigma_H]$, что является оптимальным для уменьшения металлоемкости редуктора.

Расчетным путем на стадии проектирования можно выбирать оптимальные значения модуля и, соответственно, числа зубьев, обеспечивающих наибольшую долговечность подверженных абразивному изнашиванию прямозубых передач по критерию «изгибная прочность».

Список литературы

1. Лемеков О.П. Основы расчета и проектирования деталей и узлов машин. Конспект лекций по курсу «Детали машин»: 3 – е изд. переб. и доп. – М.: Машино-строение, 2007. – 464 с.; ил.
2. Дунаев П.Ф., Лемиков О.П. Конструирование узлов и деталей машин: учеб. пособие для техн. спец. вузов. 9 – е изд. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 496 с.
3. Детали машин: учебник для вузов Л.А. Андрееенко, Б.А. Байков, И.К. Ганулич и др.; под ред. О.А. Ряховского. 2 – е изд. – М.: Изд – во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 527 с.

Электрификация и автоматизация горных работ

УДК 622.233.05:621.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО МЕХАНИЗМА ПОДАЧИ БУРОВОГО СТАНКА

А.О. Шигин, И.А. Чикуров, И.Л. Овчинников
Научный руководитель **А.В. Гилев**
Сибирский федеральный университет

В настоящее время в горной промышленности применяются буровые станки с различными типами вращательно-подающих механизмов. Их особенности характеризуются величиной усилия подачи, частотой вращения бурового става и др. Но при бурении сложноструктурных массивов горных пород, имеющих колебание физико-механических свойств по глубине, часто возникают значительные ударные нагрузки и вибрация, результатом которых является увеличение циклических напряжений во всем буровом органе. При этом 80 % случаев отказов приходится на разрушение опор качения шарошек буровых долот [1]. Часто из анализа наработок на отказ шарошечных долот следует вывод о значительном снижении их стойкости (до 2-х раз) в случае бурения породы со сложной структурой.

В конструкции современных шарошечных долот, имеющих опоры качения, часто применяются подшипники по схеме ролик-шарик-ролик. Предел прочности сталей тел качения составляет 1900–2300 МПа и выше. Для получения высших показателей необходимо осуществлять термическую обработку с большой точностью в температурах и времени выдержки [2]. Расчеты показывают, что напряжение в телах качения при равномерном нагружении 1400–1650 МПа. Но при значительных колебаниях физико-механических свойств породы доходит до 2250 МПа и выше.

Для приближения ресурса шарошечных долот к максимально возможному, имеющему место при бурении однородной породы, необходимо применение адаптивного вращательно-подающего механизма [3, 4]. Он позволит использовать узкий промежуток между уровнем напряжения в телах качения и предельными прочностными показателями материала.

Отечественные станки шарошечного бурения имеют в системе подачи нерегулируемые гидроприводы [5]. И при изменении свойств горной породы исключить внезапную ударную нагрузку практически невозможно.

На изменение свойств породы уже позже реагирует машинист. Но в течение указанного переходного процесса буровой инструмент испытывает сложнейшие по характеру и величине нагрузки. Вследствие чего стойкость буровых долот значительно снижается.

Для решения данной проблемы разработан экспериментальный лабораторный стенд «Электромагнитный механизм подачи бурового станка». Основным элементом является линейный трехфазный асинхронный электрический двигатель с массивным ротором. Он имеет в своей основе статорную обмотку, подключаемую к сети трехфазного переменного тока, напряжением 380 В. В качестве ротора используется стандартная труба, состоящая из стали, обладающей ферромагнитными свойствами.

Схема экспериментальной установки с трехфазным асинхронным линейным двигателем представлена на рис. 1.

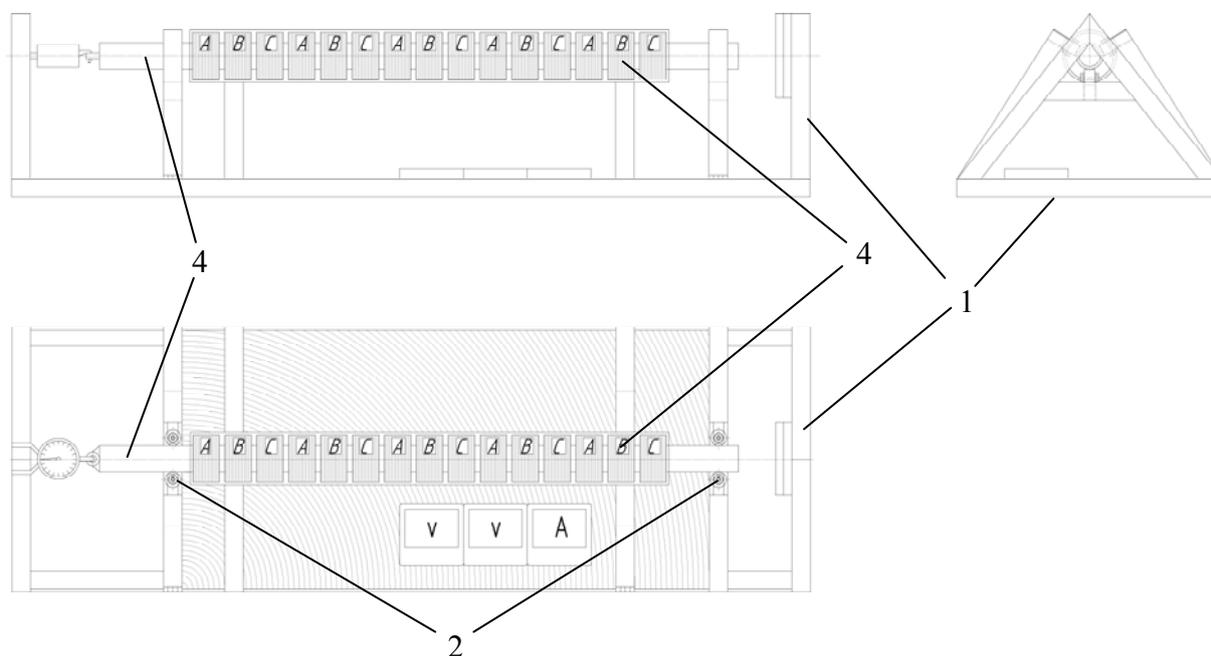


Рис. 1. Схема экспериментальной установки с трехфазным асинхронным линейным двигателем

Стенд состоит из стальной рамы 1 с роликовыми опорами 2, в которых подвижно закреплен массивный ротор 3 в виде стальной магнитной трубы. Статор 4 в виде цилиндрических обмоток расположен вокруг массивного ротора 3 с возможностью продольного перемещения последнего внутри статора. Катушки статора могут подключаться попеременно, как показано на рисунке по одной или несколько штук, на каждую фазу. Таким образом, стенд позволяет проанализировать режимы работы двигателя. Для этого он оснащен динамометром для измерения усилия подачи, а также приборами для измерения тока и напряжения в определенных фазах. Двигатель стенда не имеет магнитопровода для получения характеристик,

зависящих от минимального числа факторов. Двигатель подключается к сети переменного трехфазного напряжения 380 В.

Все двигатели трехфазного тока создают нагрузку, близкую к симметричной, и поэтому «включаются в сеть по трехпроводной схеме, т. е. без нейтрального провода [6]. Существует две трехпроводные схемы соединения приемников: – Y (звездой без нейтрального провода); – Δ (треугольником). При соединении приемника звездой напряжение на одной фазе отличается от напряжения в линии на $\sqrt{3}$ по формуле – $U_{\phi} = U_{л}/\sqrt{3}$, а токи в линиях и в фазах равны – $I_{л} = I_{\phi}$. При соединении приемника треугольником $U_{\phi} = U_{л}$, а токи отличаются на $\sqrt{3}$ по формуле $I_{л} = \sqrt{3} I_{\phi}$. Выбирается схема подключения Y (звезда без нейтрального провода), что позволит упростить измерения токов $I_{л} = I_{\phi} = I$, при симметричной нагрузке токи на каждой фазе также будут одинаковы. Поэтому будет достаточно измерить ток только на одной фазе.

Двигатель подключается к трехфазной сети с линейным напряжением $U_{л} = 380$ В через магнитный пускатель (для дистанционного управления двигателем) с тепловым реле (для защиты от критических токов).

Катушки статора соединяются группами и образуют обмотки отдельных фаз двигателя. Внутри статора помещается вторичный элемент трубчатой формы, выполненный из стали 45, обладающей свойствами ферромагнетика. При подключении к сети обмоток статора вдоль его внутренней поверхности образуется бегущее магнитное поле, которое индуцирует на внешней поверхности вторичного элемента токи, направленные по его окружности. Взаимодействие этих токов с магнитным полем двигателя создает на вторичном элементе силу, действующую вдоль трубы, которая и вызывает поступательное движение вторичного элемента относительно статора в продольном направлении.

Для измерения силы тока к одной из фаз подключается амперметр. В связи с тем, что при подключении амперметра возникает несимметричная нагрузка, целесообразно применить токовые клещи или трансформатор тока. Для измерения создаваемого линейным двигателем усилия применяется динамометр.

С помощью разработанного и изготовленного исследовательского стенда можно получить следующие характеристики: 1. Зависимость усилия подачи P линейного двигателя от скорости движения v бурового става $P = f(v)$; 2. Зависимость усилия подачи P линейного двигателя от частоты f напряжения источника электроэнергии $P = f(f)$; 3. Зависимость усилия подачи P линейного двигателя от величины напряжения U источника электроэнергии $P = f(U)$. Получение характеристик при изменении значений одной из величин v , f или U , остальные две остаются неизменными в заданном значении. Например, при получении характеристики $P = f(v)$ скорость движения вторичного элемента устанавливается в различных задан-

ных значениях для каждого отдельного эксперимента при помощи регулируемого пневмоцилиндра, создающего осевую нагрузку, обратную ходу вторичного элемента. При этом частота f и величина напряжения U источника электроэнергии остаются в заданном значении.

Методика получения характеристики $P = f(v)$:

1. Собирается электрическая цепь. Схема подключения Y (звезда без нейтрального провода);
2. Устанавливается величина напряжения U источника электроэнергии при помощи трехфазного трансформатора для построения одной кривой;
3. Устанавливается величина частоты f напряжения источника электроэнергии при помощи преобразователя частоты для построения одной кривой;
4. Задается сечение выходного отверстия регулируемого пневмоцилиндра для данного замера;
5. Включается источник электроэнергии и фиксируется осевое усилие на динамометре, время хода вторичного элемента и величина пускового и номинального тока;
6. Меняется сечение выходного отверстия регулируемого пневмоцилиндра для следующего замера и фиксируется осевое усилие на динамометре, время хода вторичного элемента и величина пускового и номинального тока.
7. Эксперимент повторяется не менее пяти раз для получения характеристики достаточной точности. При необходимости получения нескольких кривых необходимо ступенчато изменять установленные значения f и U .

Методика получения характеристики $P = f(f)$:

1. Собирается электрическая цепь. Схема подключения Y (звезда без нейтрального провода);
2. Устанавливается величина напряжения U источника электроэнергии при помощи трехфазного трансформатора для построения одной кривой;
3. Задается сечение выходного отверстия регулируемого пневмоцилиндра для построения одной кривой;
4. Устанавливается величина частоты f напряжения источника электроэнергии при помощи преобразователя частоты для данного замера;
5. Включается источник электроэнергии и фиксируется осевое усилие на динамометре, время хода вторичного элемента и величина пускового и номинального тока;
6. Меняется частота f напряжения источника электроэнергии для следующего замера и фиксируется осевое усилие на динамометре,

время хода вторичного элемента и величина пускового и номинального тока.

7. Эксперимент повторяется не менее пяти раз для получения характеристики достаточной точности. При необходимости получения нескольких кривых необходимо ступенчато изменять установленные значения v и U .

Методика получения характеристики $P = f(U)$:

1. Собирается электрическая цепь. Схема подключения Y (звезда без нейтрального провода);
2. Задается сечение выходного отверстия регулируемого пневмоцилиндра для построения одной кривой;
3. Устанавливается величина частоты f напряжения источника электроэнергии при помощи преобразователя частоты для построения одной кривой;
4. Устанавливается величина напряжения U источника электроэнергии при помощи трехфазного трансформатора для данного замера;
5. Включается источник электроэнергии и фиксируется осевое усилие на динамометре, время хода вторичного элемента и величина пускового и номинального тока;
6. Меняется напряжение U источника электроэнергии для следующего замера и фиксируется осевое усилие на динамометре, время хода вторичного элемента и величина пускового и номинального тока.
7. Эксперимент повторяется не менее пяти раз для получения характеристики достаточной точности. При необходимости получения нескольких кривых необходимо ступенчато изменять установленные значения f и v .

Выводы:

1. Разработанные методики исследования характеристик трехфазного асинхронного линейного двигателя позволят с достаточной точностью и информативностью построить зависимости $P = f(v)$, $P = f(f)$ и $P = f(U)$, необходимые для проектирования и изготовления электрической машины с заданными параметрами;

2. Полученные характеристики трехфазного асинхронного линейного двигателя позволят изготовить адаптивную систему подачи бурового станка, позволяющую своевременно реагировать на возникновение ударных нагрузок при бурении сложноструктурных горных массивов.

Список литературы

1. Техника, технология и опыт бурения скважин на карьерах. Под ред. В.А. Перетолчина. – М.: Недра, 1993. – 286 с.

2. Специальные стали: учебник для вузов. Гольдштейн М.И., Грачев С.В., Векслер Ю.Г. – М.: Металлургия, 1985. – 408 с.
3. Гилев А.В., Шигин А.О. и др. Адаптивная система подачи рабочих органов буровых станков // *Фундаментальные исследования*. – № 11, 2010. – 4 с.
4. Шигин А.О. Основные принципы адаптивной системы подачи рабочих органов буровых станков // *Вестник машиностроения*. – № 5, 2011. – 3 с.
5. Теоретические основы электротехники / Л.А. Бессонов. – М.: Высш. шк. 1996. – 638 с.
6. Электрические машины: Машины переменного тока / А.И. Вольдек, Д.А. Попов. – СПб.: Высш. шк.; Питер, 2007. – 350 с., ил.

УДК 621.316

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ ПРИ КОММУТАЦИИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ до 1000 В

В.Д. Шманев

Научный руководитель С.В. Кузьмин

Сибирский федеральный университет

Широкое использование вакуумных выключателей и положительный опыт их эксплуатации в системах электроснабжения 6-10 кВ промышленных предприятий позволил использовать вакуумные коммутационные аппараты в сетях до 1000 В.

В сетях до 1000 В в основном используются вакуумные контакторы (ВК) с номинальным током от 65 до 3000 А. Высокая коммутационная износостойкость, практическая одновременность замыкания контактов, минимальные затраты на обслуживание делают ВК очень привлекательными для эксплуатационного персонала. Однако при коммутации электродвигателей и трансформаторов ВК создают предпосылки для возникновения значительных коммутационных перенапряжений (КП).

Исследования в этой области носят точечный характер. Поэтому целью исследований являлось изучение перенапряжений при коммутации силовых трансформаторов и электродвигателей в сетях до 1000 В.

Было принято решение на первоначальном этапе исследовать КП в лабораторных условиях на реальных трансформаторах и электродвигателях. Т. к. исследования в производственных условиях связано с определен-

ными трудностями: непрерывность технологического процесса, отключение нагрузки, большое количество операций по включению и отключению трансформатора и электродвигателя.

В период с 2010-2011 г. на кафедре ЭГМП была создана лаборатория по изучению КП в сетях до 1000 В.

В качестве объектов исследования использовались силовые трансформаторы $S = 250$ кВА с $K_T = 1,73$ и $4,2$ и электродвигатели мощностью 3; 4,5 и 8 кВт. В качестве измерительного оборудования использовались: осциллограф, делитель напряжения ДНЕК 10 и ПКК-57.

КП изучались для следующих режимов работы трансформаторов: режим ХХ, неполно фазный режим работы трансформатора, т. е. когда происходит обрыв одной из фаз сети. Изучался переход волны перенапряжений из обмотки ВН в обмотку НН трансформатора. Для электродвигателей исследовался режим ХХ и отключение неразвернувшегося электродвигателя. В данных режимах наблюдались наибольшие уровни КП.

В результате экспериментальных исследований было получено около 1100 осциллограмм для трансформаторов и 900 осциллограмм для электродвигателей.

Статистическая обработка данных, производимая по алгоритму и с помощью формул. В качестве основных критериев по влиянию на величину КП таких факторов, как коэффициент трансформации трансформатора и мощность электродвигателя использовались $\chi^2_{\text{пирсона}}$, сравнение средних значений и сравнение дисперсий. Закономерность максимальных значений КП, зарегистрированных в ходе экспериментов, определялась проверкой на экстремальность согласно выражений.

Статистика позволила установить закономерность максимальных значений КП, возникающих как на первичной, так и на вторичной обмотке трансформатора, которые составили при отключении более 50 крат, а при включении более 30 крат при симметричном режиме работы сети.

При этом кратность перенапряжений обмотки НН в основном превышает кратность обмотки ВН как при включении и отключении трансформатора.

Проверка выборок на однородность с помощью критериев: $\chi^2_{\text{пирсона}}$, сравнение средних значений и сравнение дисперсий показала, что выборки у трансформаторов с разными коэффициентами трансформации (K_T), но при одной мощности объединяются, т. е. K_T не оказывает практического влияния на величину перенапряжений, возникающих во вторичной обмотке трансформатора.

Поэтому можем утверждать, что в режиме коммутации энергия из первичной обмотки передается во вторичную за счет емкостных связей между обмотками.

Данное обстоятельство может приводить к пробое изоляции обмоток трансформатора и электрооборудования, подключенного ко вторичной обмотке трансформатора.

В случае обрыва одной из фаз сети коммутация трансформатора приводит к росту кратностей КП, если первичная обмотка трансформатора собрана по схеме звезда. Это связано с тем, что изменяются входные параметры трансформатора, т. е. его емкость и индуктивность.

Индуктивность в цепи коммутации возрастает в 2 раза, а емкость увеличивается в 1,5 раза. Это приводит к тому, что волновое сопротивление трансформатора увеличивается на 20 %, в результате кратность перенапряжений может возрасти на 20-25 %. При этом кратность перенапряжения на вторичной обмотке составила 61,6, а на первичной обмотке 41,6, т. е. напряжение возросло до 13,5 кВ на вторичной обмотке и до 15,8 кВ на первичной обмотке.

Подобные перенапряжения представляют серьезную опасность для обмоток трансформатора. Поэтому эксплуатация трансформатора в сетях до 1000 В, которые коммутируются вакуумным контактором без средств защиты от КП небезопасно.

Таким образом, полученные результаты в первую очередь указывают на актуальность разработки средств защиты трансформаторов, эксплуатируемых в сетях до 1000В, от КП, которая будет решаться в ближайшей перспективе.

ГОРНОЕ ДЕЛО И ГЕОТЕХНОЛОГИИ

Открытые горные и буровые работы

УДК 622.271 (075.8)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННОГО РЕСУРСА В ГРАНИЦАХ ВОСТОЧНО-БЕЙСКОГО РАЗРЕЗА

К.С. Камышанский
Научный руководитель Е.В. Еременко
Сибирский федеральный университет

Опыт мировой добычи угля показывает, что 2/3 добывается открытым способом, данная тенденции сохраняется на протяжении последнего столетия. Дальнейшее развитие открытого способа характеризуется увеличением производственной мощности, применением современных видов горного и транспортного оборудования, дальнейшим совершенствованием систем разработки и способов вскрытия. Все это позволяет повышать эффективность открытого способа разработки.

Горно-геологические условия Бейского угольного месторождения: угол падения пластов 8° , суммарная мощность рабочих угольных пластов от 8 до 34 м, мощность вскрыши до 52 м, коэффициент вскрыши $4.2 \text{ м}^3/\text{т}$, запасы угля составляют 104701 тыс. т.

Отвалы формируют до результирующего уровня дневной поверхности с высотной отметкой + 370 м. Результирующий угол откоса отвалов составляет 37° по проекту, углы откосов уступов – по углю 80° ; – по вскрыше 70° . Выемочно-погрузочные работы осуществляются по транспортной системе разработки с применением экскаваторов: мехлопата ЭКГ-5А; ЭКГ-8И; гидравлического экскаватора LiebherrR-984С. Транспортирование угля осуществляется автосамосвалами БелАЗ 7555 (55 т). Средневзвешенное расстояние транспортирование угля составляет 3,3 км.

Отработка надугольной толщи пород и междупластья производится экскаваторами: мехлопата ЭКГ-8И; ЭКГ-5А; гидравлических экскаваторов LiebherrR-984С и РС-3000. Транспортирование осуществляется автосамосвалами БелАЗ 7555 (55 т) и БелАЗ 75131 (130 т). Средневзвешенное расстояние транспортирование вскрыши составляет 1,3 км.

На протяжении многих лет на разрезе применяется комбинированная система при разработке вскрышной толщи. При традиционном развитии фронта от выхода пласта под наносы проводится вскрывающая траншея (рис. 1). Наблюдается увеличение мощности вскрышной толщи и расстояние транспортирования горной массы. Въездная траншея расположена между V и IX линиями, от профильной линии № 7 до профильной линии № 9.

На рис. 2 представлено распространение техногенного ресурса-избыточного выработанного пространства по всей высоте рабочей зоны на Восточно-Бейском разрезе. Он ограничен результирующим уровнем земной поверхности, откосами уступов существующих отвалов, почвой угольного пласта 16* и откосом уступа отвалов, максимально приближенного к рабочей зоне карьера. Размеры распространения данного ресурса по высоте 50-70 м, в нижней части от 0-10 м. Зона распространения от выхода пласта под наносы 200 м вдоль фронта работ с профильной линии № 10 до профильной линии № 29 и составляет в пределах 900 м.

В связи с увеличением производственной мощности с 2800 тыс. т до 3500 тыс. т и применением дополнительной единицы техники драглайна ЭШ-10/70, предоставляет вовлечь данный ресурс в производство горных работ по бестранспортной технологии.

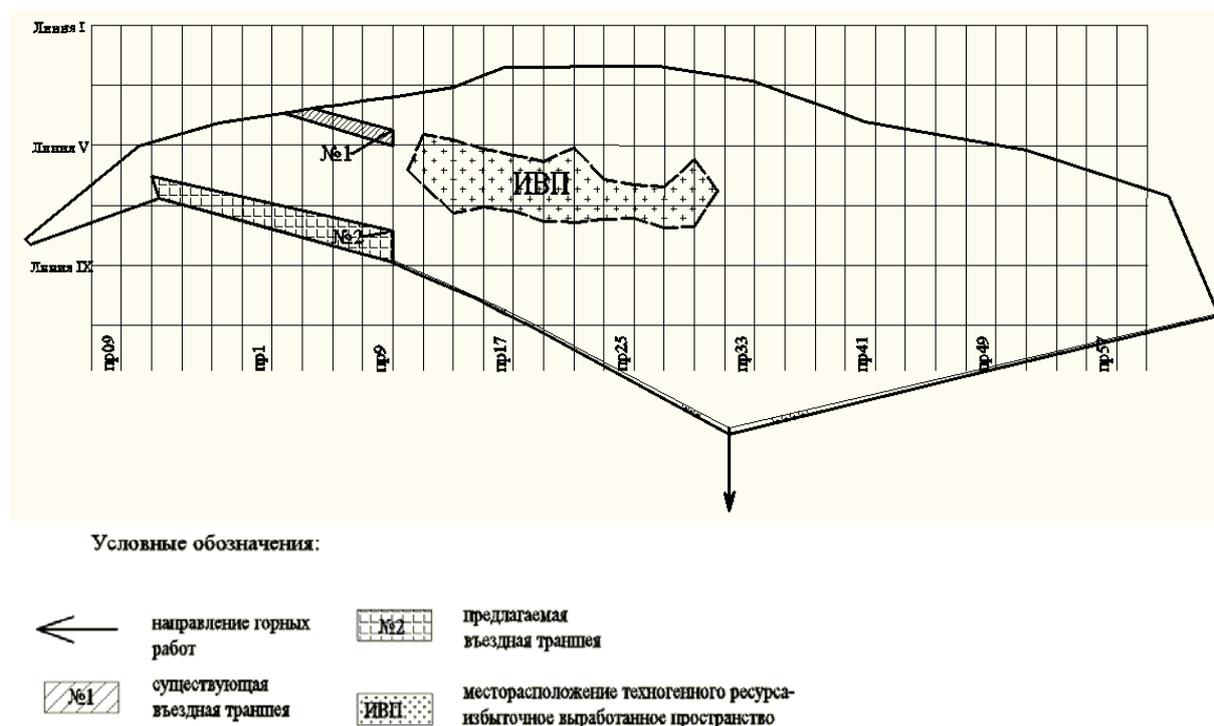


Рис. 1. Месторасположение техногенного ресурса в плане

Используя маркшейдерские данные и программную оболочку Auto-Cad были построены отвальные и рабочие зоны, далее рассчитаны объемы избыточного выработанного пространства как вдоль фронта горных

работ, так и поперечном направлении. Анализ расчета показывает, что на профильной линии № 11 избыточное выработанное пространство составляет 1121,4 тыс. м³, до профильной линии №17 видно снижение до 818,9 тыс.м³ в связи с тем, что существует водоотстойная канава, это приводит к уменьшению избыточного выработанного пространства. Далее наблюдается всплеск избыточного выработанного пространства до профильной линии № 21 и составляет 1235,5 тыс. м³, до профильной линии № 29 наблюдается снижение до 922 тыс. м³. Общий объем избыточного пространства на начало 2012 г. составляет 6997,3 тыс. м³.

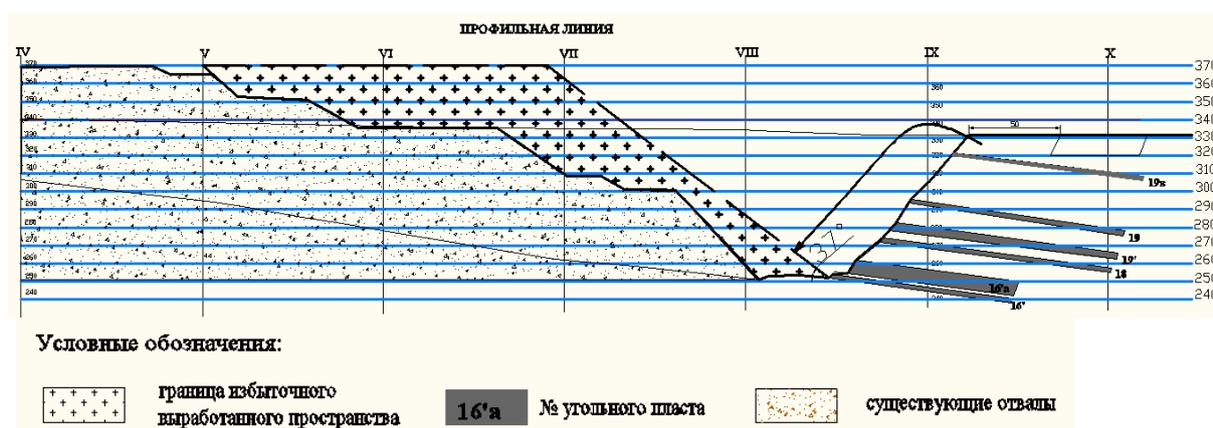


Рис. 2. Расположение техногенного ресурса карьера по высоте рабочей зоны

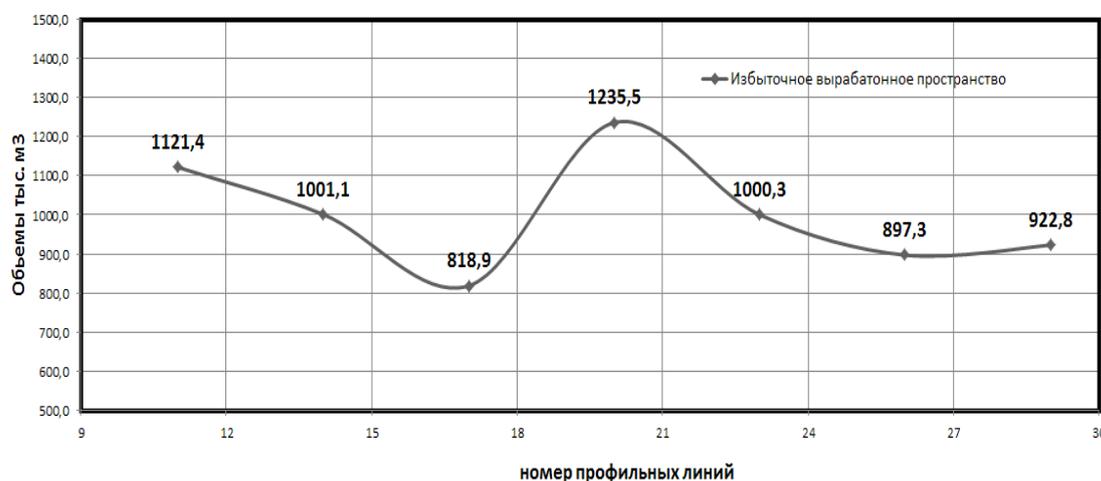


Рис. 3. Формирование избыточного выработанного пространства по профильным линиям

Наличие данного техногенного ресурса позволит использовать его для корректировки схемы вскрытия. Это дает возможность снизить расстояние транспортировки вскрышных пород на 700 м и угля на 300 м. При проходке траншеи в данном месте будут вскрыты запасы угля максималь-

ной мощности, их величина составит 22-34 м от профильной линии № 22 до профильной линии под № 28, при проходке траншеи будет попутно добыто 1481 тыс. т угля.

УДК 622.242-8

ПНЕВМО-ЭЖЕКЦИОННЫЙ РАБОЧИЙ ОРГАН БУРОВЫХ СТАНКОВ

И.О. Шахторин

Научный руководитель А.В. Гилев

Сибирский федеральный университет

В настоящее время совершенствование и создание новых конструкций буровых инструментов имеет исключительно важное значение для темпов и экономики бурения взрывных скважин, объемы которых на открытых горных работах ежегодно составляют несколько миллионов метров с миллиардными затратами денежных средств. Буровое долото является не только главным рабочим органом бурового станка, но и важнейшим элементом технологии буровых работ.

В данном тезисе будет рассмотрена разработка новой конструкции пневмо-эжекционного долота, позволяющего снизить энергетические затраты на извлечение бурового шлама из скважин и, как следствие, снижение себестоимости бурения.

Предложенная технология шламоудаления характеризуется следующими новыми принципами формирования и движения воздушно-шламового потока в скважине и конструктивного построения става в буровом станке:

а) внутри бурового става происходит распределение потока сжатого воздуха по зонам скважины; б) став сформирован из гладкоствольных штанг, шнекового пневмо-эжекционного эвакуатора и долота с эжекционными каналами; в) в скважине создается эжектирование воздушно-шламового потока разделенными струями сжатого воздуха; г) воздушно-шламовый поток в призабойной зоне и затрубном пространстве скважины приобретает винтообразное движение за счет его закручивания эжекционными струями сжатого воздуха; д) в процессе бурения происходит регулирование параметров сжатого воздуха и концентрации воздушно-шламового потока в скважине.

В буровом ставе используется долото разборной конструкции. Воздух подается в эжекционные каналы Н и нижнюю часть забоя через вырезы Л (рис. 1).

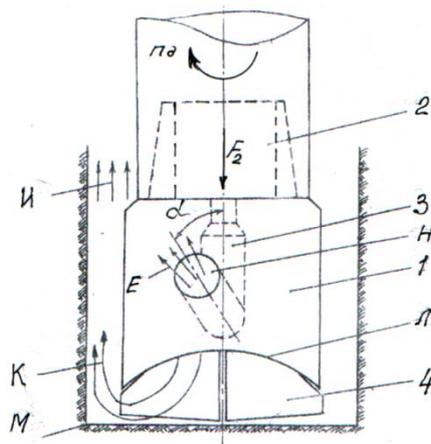


Рис. 1. Схема продувки забоя скважины долотом с эжекционными каналами:
1 – корпус; 2 – ниппель; 3 – продувочный канал; 4 – породоразрушающие элементы

Так как корпус имеет цилиндрическую форму, отсутствие продувочных окон в долоте обуславливает повышенное избыточное давление воздуха в зоне технологических вырезов Л, поэтому эжекционные каналы Н обеспечивают создание дополнительного потока Е, направленного под углом α к оси долота в сторону его вращения. Этот поток эжектирует призабойную зону скважины, суммируется с потоком воздуха К, поднимающимся от забоя, увеличивает скорость восходящего потока И в призабойной зоне и активизирует удаление бурового шлама в периферийной зоне М забоя скважины.

Кроме долота рассмотренной конструкции с пневмо-эжекционными каналами могут применяться другие буровые инструменты в сочетании со шнековым пневмо-эжекционным эвакуатором (ШПЭ) (рис. 2).

В верхнем конусе ШПЭ воздух с расходом F_k распределяется на два потока с расходами F_1 и F_2 . Поток воздуха с расходом F_1 поступает в затрубную зону I–II, а поток воздуха с расходом F_2 – на забой скважины. В призабойной зоне III–IV скважины воздух с расходом F_2 поднимает буровой шлам и подает его на первый виток ШПЭ. Далее воздушно-шламовый поток перемещается вверх по межвитковому пространству ШПЭ. Поток воздуха с расходом F_1 при выходе с большой скоростью из эжекционных каналов поступает в конфузорный участок, образуемый верхним конусом ШПЭ и стенкой скважины, где давление воздуха за счет увеличения его скорости оказывается ниже давления воздушно-шламового потока, поступающего из шнековой зоны II–III.

В эжекционное сечение II–II устремляется воздушно-шламовый поток, скорость которого при этом увеличивается. Далее, в затрубной зоне I–II, до устья скважины, эвакуация шлама осуществляется энергией объединенных потоков сжатого воздуха с расходом $F_k = F_1 + F_2$. Для создания устойчивого режима шламоудаления обеспечивается равенство $F_1 = F_2 = 0,5 F_k$ за счет равенства площадей сечений эжекционных каналов ШПЭ и долота.

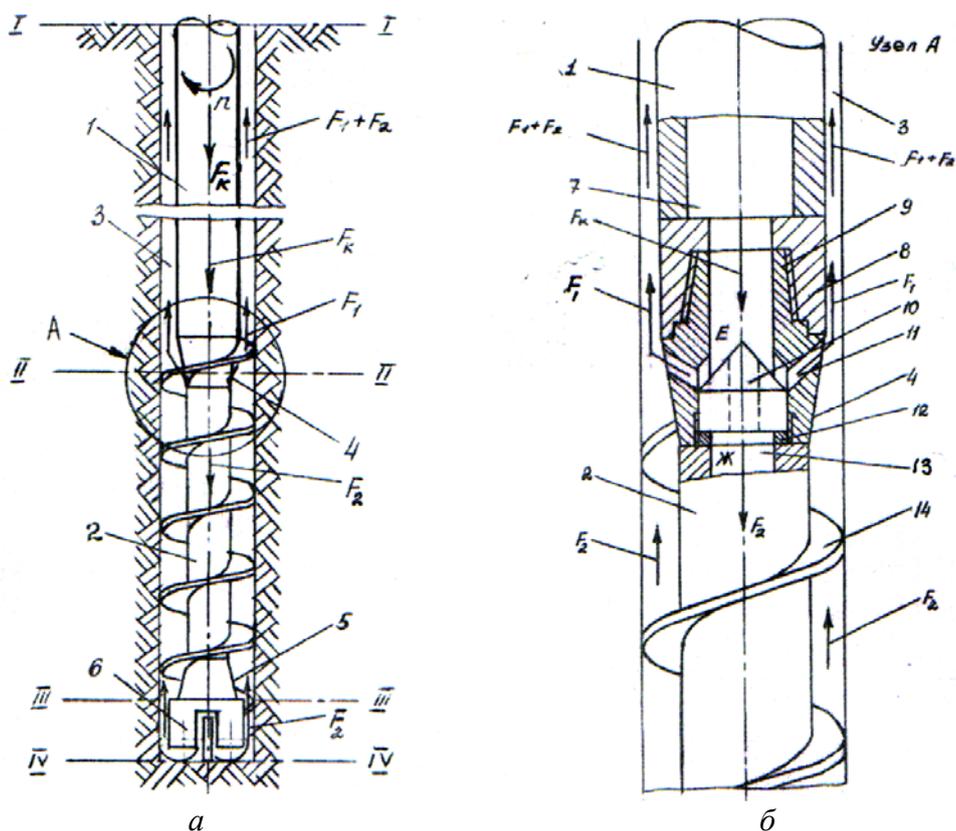


Рис. 2. Пневмо-эжекционная эвакуация бурового шлама из скважины:
 а – распределение потоков сжатого воздуха в зонах скважины с помощью ШПЭ;
 б – регулирование потоков сжатого воздуха в механизме управления ШПЭ;
 1 – гладкоствольная штанга; 2 – ШПЭ; 3 – скважина; 4, 5 – соответственно верхний и нижний конусы ШПЭ; 6 – долото; 7, 13 – соответственно центральный канал гладкоствольной штанги и ШПЭ; 8 – муфта; 9 – ниппель; 10 – подвижный клапан;
 11 – эжекционные каналы; 12 – гайка; 14 – спираль шнека

При нарушении устойчивого режима эвакуации бурового шлама повышается стесненность его движения. Расход сжатого воздуха на выходе из долота снижается. В результате этого в центральном канале ШПЭ, а следовательно, в области Ж давление воздуха по сравнению с давлением в области Е возрастает и поднимает клапан вверх.

В этом случае включается в работу механизм управления: подвижный клапан перекрывает часть площади сечений эжекционных каналов, что приводит к снижению расхода воздуха, поступающего в конфузторный участок скважины, на величину ΔF . Вместе с этим, при подъеме подвижного клапана увеличивается ширина его проходных каналов. В этом случае происходит перераспределение расходов потоков воздуха F_1 и F_2 . В зону забоя долота поступает воздух с расходом $F_2^1 = F_2 + \Delta F$, который увеличивает скорость воздушно-шламового потока в призабойной и шнековой зонах и стабилизирует режим эвакуации бурового шлама, снижая уровень стесненности движения за счет увеличения порозности шламового слоя и уменьшения объемной концентрации. Давление в наддолотной части, цен-

тральном канале ШПЭ понижается, подвижный клапан увеличивает сечение эжекционных каналов. Это приводит к выравниванию расходов F_1 и F_2 потоков сжатого воздуха и давлений в областях Е и Ж.

Диапазон регулирования параметров воздуха (давления и расхода) устанавливаются, исходя из условия обеспечения объемной концентрации потока бурового шлама, не превышающей предельно допустимых значений ($S \leq 0,01 \text{ м}^3/\text{м}^3$). Это достигается заданным значением перепада давления в каналах ШПЭ и штанги его соответствием значению веса клапана.

Анализ работы ШПЭ приводит к выводу о том, что по отношению к воздушно-шламовому потоку, перемещаемому из шнековой и призабойной зон, он является эжектором, а по отношению к потоку F_K , перемещаемому по затрубному пространству к устью скважины, – инжектором.

Вместе с эжекцией и инжекцией воздушно-шламовый поток в скважине при вращении бурового става приобретает винтообразное движение.

Эжекционные струи потока воздуха F_1 , выходя из эжекционных каналов ШПЭ, вращаются вокруг вертикальной оси скважины с частотой вращения долота n_d . При этом они вовлекают во вращение частицы бурового шлама, которые, перемещаясь в скважине вверх по винтообразной траектории, приобретают абсолютную скорость движения U_a (рис. 3).

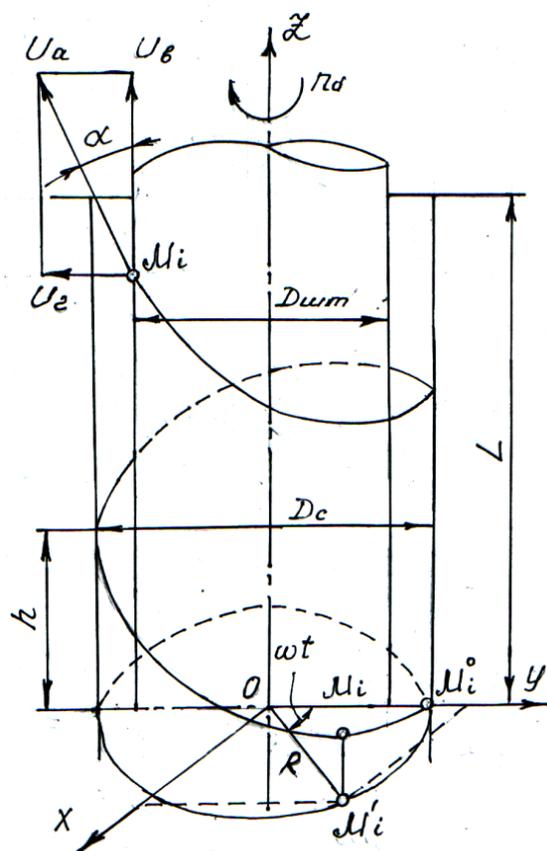


Рис. 3. Движение частицы шлама при пневмо-эжекционной эвакуации из скважины

Важное значение при пневмо-эжекционной эвакуации приобретает угол наклона траектории движения бурового шлама. При выходе из устья скважины его частицы удаляются под наклоном к вертикали, что исключает их возврат в скважину. Особую значимость это положительное качество пневмо-эжекционной эвакуации бурового шлама приобретает при бурении вязких глинистых и обводненных горных пород, когда буровой шлам оседает непосредственно у устья скважины и обрушается в нее.

Наличие шнековой части в ШПЭ увеличивает крупность частиц транспортируемого шлама, поэтому при бурении взрывных скважин, характеризующихся небольшой глубиной, важно установить такой режим бурения, при котором проходка скважины не будет сопровождаться зашламовыванием какого-либо сечения крупными фракциями шлама.

С учетом выявленных преимуществ пневмо-эжекционную эвакуацию бурового шлама из технологических скважин следует рассматривать в качестве дальнейшего направления для научных исследований и практического применения в области повышения эффективности буровых работ.

Буровзрывной способ добычи полезных ископаемых широко распространен на угольных разрезах, но данный способ является трудоемким и энергоемким. Данные разработки направлены на снижение энергетических затрат в процессе бурения, что способствует снижению себестоимости добычи угля.

Подземная разработка месторождений

УДК 622.272

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПОДБОРУ СОСТАВОВ ЗАКЛАДОЧНЫХ СМЕСЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОРОДНОЙ ЧАСТИ ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ

И.М. Буриев, П.А. Тодинов

Научные руководители А.И. Голованов, Е.П. Волков

Сибирский федеральный университет

В мировой практике для приготовления закладочных смесей хвосты обогащения используют на рудниках Канады (рудники «Левак», «Крэйтон», «Хорн», «Локербай»), Австралии (рудники «Кобар», «Маунт Айза»), Финляндии (рудник «Керетти»), США, Ирландии, Швеции, Японии и других стран с годовой добычей около 64 млн. т. При этом 67 % закладочных материалов представлены обесшламленными хвостами обогащения, 25 % – породами, 7 % – песками и шлаками.

В России хвосты обогащения применяются для ведения закладочных работ на рудниках «Тишинский», «40 лет ВЛКСМ», «Малеевский», «Орловский». В то же время объёмы закладки, приготовленной с использованием хвостов на каждом из этих рудников, весьма незначительны по сравнению с объёмами закладки на рудниках Талнаха (г. Норильск).

Таким образом, в мировой практике накоплен достаточно большой опыт использования хвостов обогащения руд для закладки выработанного пространства. Можно выделить следующие особенности, характерные для всех примеров использования хвостов:

- при приготовлении твердеющей (не пастовой) закладки используют предварительно обесшламленные хвосты;
- более выгодной является технология, основанная на гидротранспортной подаче хвостов в пульпе от обогатительной фабрики до рудника.

В настоящее время приготовление закладочных смесей на рудниках Талнаха осуществляется путем совместного помола ангидрита, шлака, щебня с добавлением в мельницу цемента в виде цементного "молока" (рис. 1).

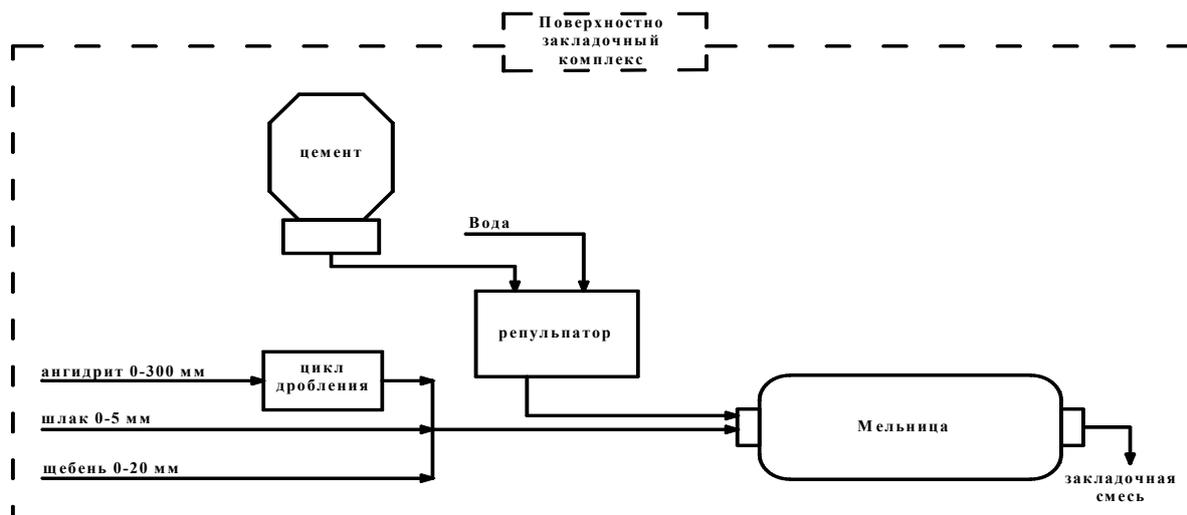


Рис. 1. Существующая технология производства закладочных смесей на рудниках Талнаха

Коллективом преподавателей и студентов кафедр «Подземной разработки месторождений» и «Шахтного и подземного строительства» ИГД-ГиГ СФУ проводятся лабораторные исследования по подбору и составу закладочных смесей марок ХЦ, АХЦ в диапазоне М10-М100 с применением хвостов обогащения Талнахской обогатительной фабрики (ТОФ) в рамках проекта для ЗФ «Норильский никель».

Перед подбором составов закладочных смесей были проведены исследования по определению содержания воды в породной части хвостов для дальнейшего учета при расчете необходимого количества воды для затворения. Была отобрана проба хвостов определенного объема для вычисления ее плотности и количества воды в хвостах. Затем из известного количества хвостов была выведена вода высушиванием и определен вес, объем и соответственно плотность сухих хвостов. Далее высушенные хвосты доводили до первоначального смоченного состояния и определяли количество воды, содержащееся в пробе. По результатам наблюдений составлена диаграмма для определения количества воды в хвостах, содержащихся в определенном объеме, в зависимости от плотности (рис. 2). На основании полученной зависимости определяется объем воды в одном литре хвостов и необходимое количество воды для подбираемого состава.

Например: вес отобранных сырых хвостов составляет 16,693 кг, их плотность $\approx 1,9 \text{ г/см}^3$. По диаграмме это соответствует $150,4 \text{ см}^3$ воды в объеме $354,77 \text{ см}^3$ и, следовательно, $423,94 \text{ см}^3$ воды в одном литре.

В настоящее время на руднике «Комсомольский» в качестве базового состава закладочной смеси с использованием породной части обогащения принят ШХЦ-30 с расходом цемента – 170 кг/м^3 , шлака – 600 кг/м^3 , хвостов – 800 кг/м^3 , воды – 460 л/м^3 . Однако в процессе его применения уста-

новлено, что транспортирование по горизонтальным участкам закладочной смеси данного состава не возможно на расстояние более 100–150 м. Поэтому на руднике выполнен перерасчет потребности шлака (в сторону уменьшения) и хвостов (в сторону увеличения). Количество цемента оставлено прежним – 170 кг/м³.

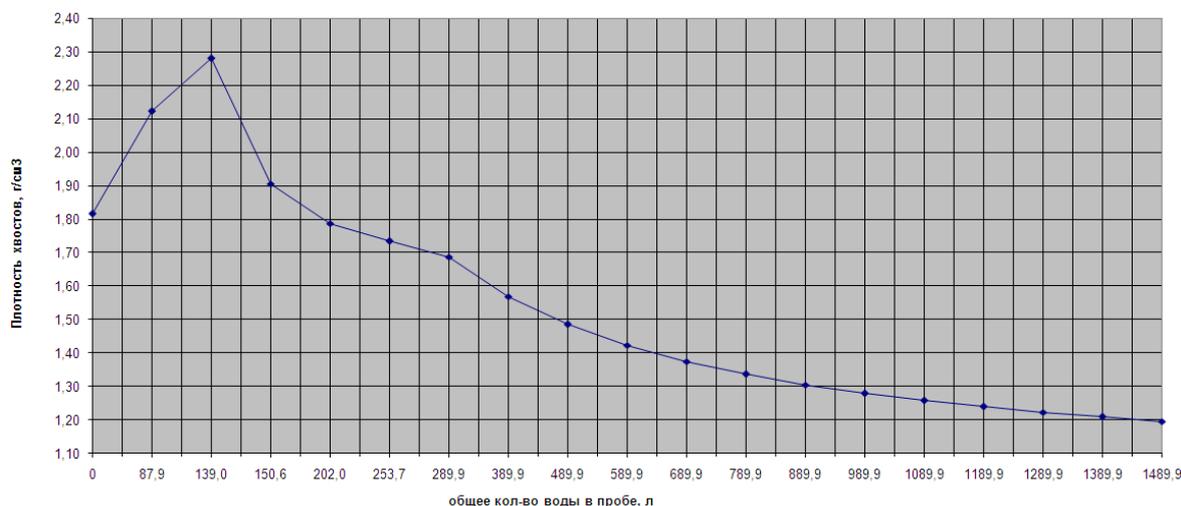


Рис. 2. Зависимость количества воды в хвостах ТОФ от их плотности

Для разработки рецептур исследуемых составов были проанализированы литературные источники, результаты НИР, данные рудников и рекомендации РТПП. На основании изученного материала для проведения лабораторных исследований были первоначально приняты 8 составов закладочных смесей марки ХЦ (хвосты + цемент + вода). Удельная масса цемента в исследуемых составах изменялась в диапазоне 140 ÷ 400 кг/м³. Объем воды во всех случаях определяли, исходя из исходной влажности хвостов и требуемого удельного объема на 1 м³ закладки для обеспечения самотечного режима ее растекания. Исследуемые составы испытывались по величине распыла по Суттарду (рис. 3), который должен быть не менее 180 мм.

Методика проведения лабораторных исследований предусматривает изучение свойств исследуемых составов и их прочностных характеристик. Испытание составов твердеющих закладочных смесей проводится по трем основным схемам:

- схема приготовления твердеющей смеси ХЦ в лабораторных условиях с использованием смесителя (рис. 4);
- схема приготовления твердеющей смеси ХЦ в лабораторных условиях с использованием совместного домола в шаровой мельнице;
- схема приготовления твердеющей смеси АХЦ в лабораторных условиях с учетом домола в шаровой мельнице цемента, ангидрита и породных хвостов ТОФ.



Рис. 3. Испытания на расплыв закладочной смеси

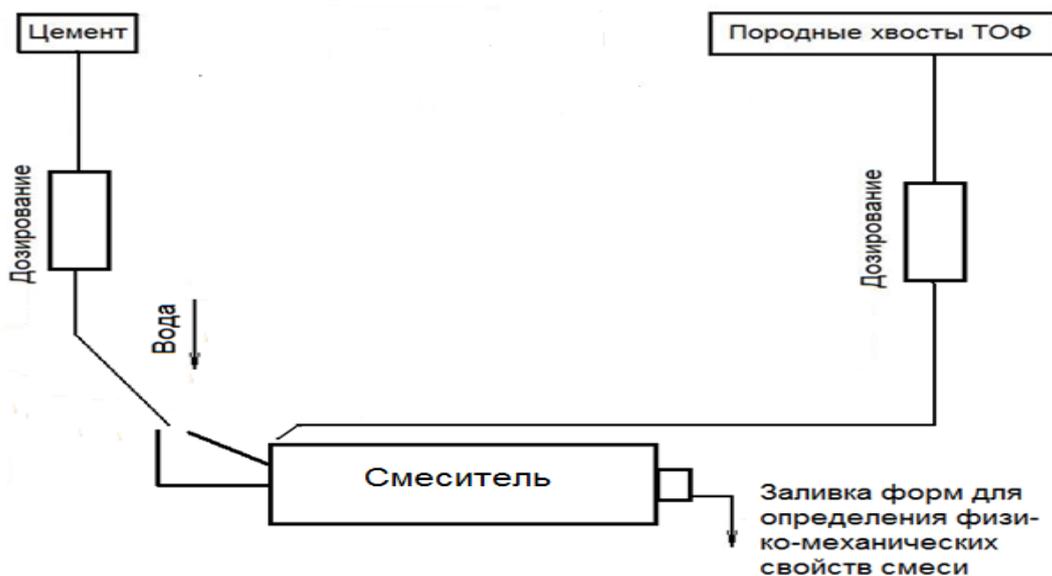


Рис. 4. Схема приготовления твердеющей смеси ХЦ в лабораторных условиях с использованием смесителя

При испытаниях составов закладочной смеси с использованием ангидрита крупностью – 100 мм производился первоначальный его домол в щековой дробилки до класса – 2 мм.

Для заливки образцов были изготовлены 10 форм, каждая из которых включает 15 ячеек размером 100×100×100 мм и предназначена для испытаний одного исследуемого состава. Контрольные сроки испытаний образцов на прочность приняты: 3, 7, 28, 60 и 180 дней.

В настоящее время можно сделать только предварительные выводы, так как испытания проведены в диапазоне до месячного возраста.

Например, для составов марок ХЦ с использованием для приготовления смесителя, можно отметить, что характер динамики набора прочности в целом аналогичен динамике набора прочности песчано-цементных растворов. Учитывая невысокую стоимость хвостов обогащения – 62 руб./т и значительный экологический эффект, проводимые исследования следует считать перспективными и их необходимо продолжить.

УДК 622.273

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИЧИН ПОВЫШЕННЫХ ПОТЕРЬ РУДЫ ПРИ ОТРАБОТКЕ ОХРАННЫХ ЦЕЛИКОВ

А.С. Долганин

Научный руководитель Е.Г. Малиновский

Сибирский федеральный университет

В практике отработки обширных пологопадающих залежей, отличающихся значительными размерами в плане, достаточно часто применяются варианты расположения вскрывающих и подготовительных выработок непосредственно в рудном теле. Для обеспечения безопасной и безаварийной работы предприятия и функционирования этих выработок необходимо оставление предохранительных, барьерных и охранных целиков.

Временная консервация балансовых запасов в этих целиках снижает эффективность работы горного предприятия и приводит к росту дополнительных эксплуатационных затрат на поддержание выработок. Последующая отработка целиков, как правило, отличается повышенной опасностью работ, более высокими затратами и сопровождается увеличенными потерями при добыче.

Обобщение опыта выемки целиков является актуальной научно-практической задачей и представляет большой интерес для разработки инженерных рекомендаций по повышению полноты и качества извлечения оставленных запасов.

Одним из объектов, где широко, долговременно и в больших масштабах применяется камерно-столбовая выемка является уникальное Жезказганское месторождение медистых песчаников. Месторождение представлено свитой пологих залежей на 10 горизонтах и ярусах. Интенсивная добыча высоко-ценных медистых руд привела к тому, что к настоящему времени на этажах и ярусах скопилось более 40 тыс. целиков с запасами руды около 130 млн. т. Временно неактивные и потерянные запасы накоплены в оставленных барьерных и междукамерных целиках круглой формы.

Размеры барьерных целиков колеблются: высота от 4 до 40 м, ширина от 15 до 40 м, длина до 200–400 м [1].

Значительный практический интерес представляет отработка барьерных целиков», в которых сосредоточены большие запасы богатых руд. Например, на глубине около 300 м в поле шахты № 57 мощная залежь Златоуст 2-1 V-V отработана рядом панелей с оставлением между ними широких барьерных целиков с запасами около 1 млн. т руды.

С целью безопасной и вместе с тем интенсивной отработки в указанных горно-геологических условиях было разработано новое техническое решение (а. с. 1689622), принятое на патентование.

Способ был принят как типовой в условиях Жезказгана, по нему же составлены рабочие проекты и была начата отработка нескольких барьерных целиков (между панелями 4 и 5, 5 и 6, 3 и 4 гор. 120 м шахты № 57).

Широкое освоение технологии и отработка одновременно двумя блоками (на два фланга) позволяют достичь производительности добычи руды 200–300 тыс. т в год.

Также был проведен анализ практики повторной отработки целиков различного назначения на Жезказганском месторождении через 15-20 и более лет при камерно-столбовой выемке основных запасов панелей на месторождениях, показал:

- более 60 % оставленных запасов представлено нарушенными целиками или располагается в зонах обрушения;

- с удовлетворительными показателями потерь и разубоживания руды удается извлечь от 10 до 15 % оставленных запасов в целиках из открытого очистного пространства;

- при отработке целиков из полевых выработок под обрушенными породами уровень разубоживания руды составляет 25-40 % и потерь от 8 до 10 %.

Рассмотрим опыт отработки охранных целиков на шахте «Магнетитовая». [2] В связи с понижением горных работ значительная часть запасов попала в охранный целик механического завода и промплощадки шахты. Так, в пределах горизонта 210-600 м из общих запасов шахты «Магнетитовая» около 65,3 млн. т попали в охранный целик (38,9 %).

В 1972–1978 гг. Магнитогорским горно-металлургическим институтом совместно с Уралгипрорудой и ГУ НТМК были выполнены исследования по вовлечению в разработку запасов охранных целиков шахты «Магнетитовая». Был выбран вариант с применением систем с твердеющей закладкой, обеспечивающих полную сохранность охраняемых объектов. Оработка целиков системами с твердеющей закладкой возможна при возведении искусственных массивов с определенными деформационными свойствами. В 1984 г. Была начата отработка охранных целиков ВМЗ системой с твердеющей закладкой по проекту, разработанному Уралгипрорудой. Объемы добычи за пять лет составили около 1 млн. т.

Отработка залежи осуществляется камерными системами с твердеющей закладкой. Камеры располагали по простиранию рудных тел. Длина камер до 60 м, ширина до 15 м, высота 80 м. Часть камер на «выклинках» имела высоту до половины этажа. Смежные камеры обрабатывали в две очереди. Потери в некоторых камерах достигали 20 % а разубоживание до 30 %, что обуславливалось сложными горно-геологическими условиями и нарушенностью массива.

Проведенные исследования позволили установить, что основными причинами повышенных потерь руды при обработке целиков являются:

- повышенное горное давление, обусловленное подработанностью массива сетью выработок;
- пригруженность целиков, находящихся в окружении отработанных участков;
- время нахождения целика в состоянии подработки;
- низкая скорость подвигания очистной выемки;
- отсутствие в технических проектах специальных решений для работы в особых условиях.

Список литературы

1. Имангалиев А.И., Урамов В.А., Тайжанов Ж.Х. Технология отработки барьерных целиков большой протяженности и значительной ширины под охраняемыми объектами // Горный журнал. – 1993. – №11.
2. Слацилин И.Т., Анлюков Х.И., Скакун Г.П. Опыт применения закладки на шахте Магнетитовая при отработке охранного целика // Горный журнал. – 1991. – №8.

УДК 622

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗОГНУТОГО ЛИНЕЙНО-ТОРЦОВОГО ВЫПУСКА РУДЫ ПОД ОБРУШЕННЫМИ ПОРОДАМИ

А.А. Ермолаев, М.Ж. Мередов
Научный руководитель А.С. Шерешевец
Сибирский федеральный университет

Технология подэтажного обрушения с линейно-торцовым выпуском руды обеспечивает повышение эффективности разработки запасов месторождений на основе заложенного в ней потенциала управления кинематической схемой истечения сыпучего материала.

Наиболее эффективно технология реализуется в вариантах на базе самоходного оборудования с линейно-выпуклым и линейно-вогнутым фронтом погрузки

Фронт отгрузки представляет собой систему исключительно взаимодействующих пунктов (точек) стока. Данные элементарные составляющие системы, взаимодействуя, в то же время имеют свойства автономной работы. В частности, их расположение и связанная с ним степень прорабатываемости навала руды погрузочными органами самоходных машин становятся целенаправленно обосновываемыми параметрами, обеспечивающими полноту и качество извлечения запасов недр.

Влияние криволинейности фронта отгрузки руды на форму кинематической схемы истечения исследовано методом физического моделирования.

Общий вид модели, выполненной в условиях геометрического подобия в масштабе 1:100, представлен на рис. 1.

Количество опытов определено согласно положениям о надежности результатов и доверительных интервалов. Необходимое и минимальное количество опытов в данном случае – 3

Сущность моделирования заключалась в следующем.

Была создана модель системы разработки подэтажного обрушения с торцовым выпуском руды с расширяющейся формой забоя, забоем-лавой и линейно-выпуклым фронтом погрузки. Размеры модели ковша соответствуют ПДМ Atlas Copco ST 1520.



Рис. 1. Общий вид модели

В результате моделирования установлено, что при криволинейном фронте отгрузки руды по линейному створу фигура выпуска не является

эллипсовидной. В плане наблюдается не только ее вытянутость, но и искажение в сечениях, сообразно криволинейности забора руды.

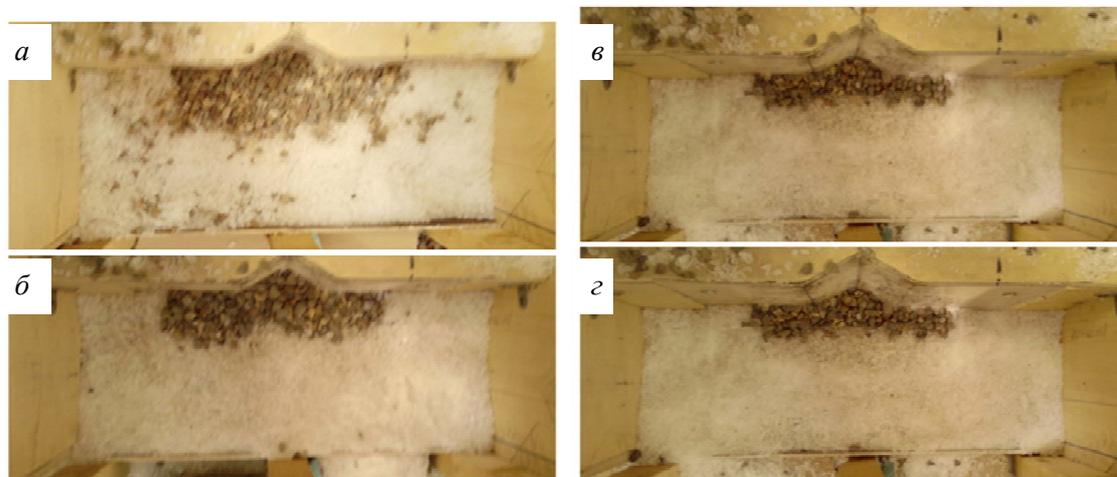


Рис. 2. Линейно-выпускная форма выпускаемого слоя. Параметры породной воронки на высоте: а – «20 м»; б – «15 м»; в – «10 м»; г – «5 м»

Кроме того, опыты наглядно показали, что для полноты и качества извлечения в рассматриваемом случае одинаковости высоты слоя руды по фронту ее выпуска режим отгрузки должен быть равномерно-последовательным.

УДК 622.01

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИГУРЫ ЛИНЕЙНО-ТОРЦОВОГО ВЫПУСКА ФИЗИЧЕСКИМ МОДЕЛИРОВАНИЕМ ПРОПОРЦИОНАЛЬНО-ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО РЕЖИМА ОТГРУЗКИ РУДЫ

М.Ж. Мередов, А.А. Ермолаев
Научный руководитель А.С. Шерешевец
Сибирский федеральный университет

Технология поэтажного обрушения с линейно-торцовым выпуском руды обеспечивает повышение эффективности разработки запасов месторождений на основе заложенного в ней потенциала управления кинематической схемой истечения сыпучего материала.

Одним из способов реализации функции управления является режим отгрузки руды по линейно-вытянутому фронту.

Фронт отгрузки представляет собой систему исключительно взаимодействующих пунктов (точек) стока. Данные элементарные составляющие

системы, взаимодействуя, в то же время имеют свойства автономной работы. В частности, частота отгрузки руды по элементарным пунктам в линии может быть различной, что формирует особый режим выпуска руды.

При различной по линии выпуска высоте слоя руды именно режимом выпуска становится возможным сформировать кинематическую схему истечения (фигуру выпуска), максимально соответствующую по форме и размерам вырабатываемым запасам.

Режим выпуска однозначно должен быть пропорционально последовательным. Степень этой пропорциональности и картина истечения установлены физическим моделированием.

Общий вид модели, выполненной в условиях геометрического подобия масштабе 1:100, представлен на рис. 1.

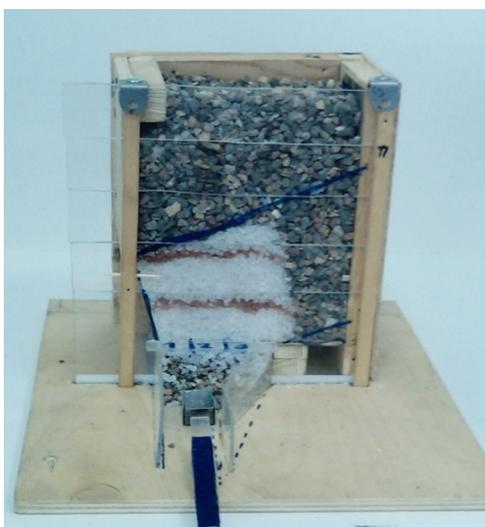


Рис. 1. Общий вид модели

Количество опытов определено согласно положениям о надежности результатов и доверительных интервалов. необходимое и минимальное количество опытов в данном случае – 3.

Сущность моделирования заключалась в следующем.

Была создана модель системы разработки с обрушением руды торцовым выпуском руды с нетипичной формой забоя в условиях пологопадающей залежи средней мощности.

Крупность сыпучего материала соответствует среднему диаметру кондиционного куска при данных условиях. Модель ковша соответствует ПДМ Atlas Copco ST 710.

Модель полностью соответствует геометрическому подобию согласно положению

$$\frac{l_n}{l_b} = \lambda_l,$$

где l_n , l_m – линейные размеры природы и модели соответственно; λ – константа геометрического подобия.

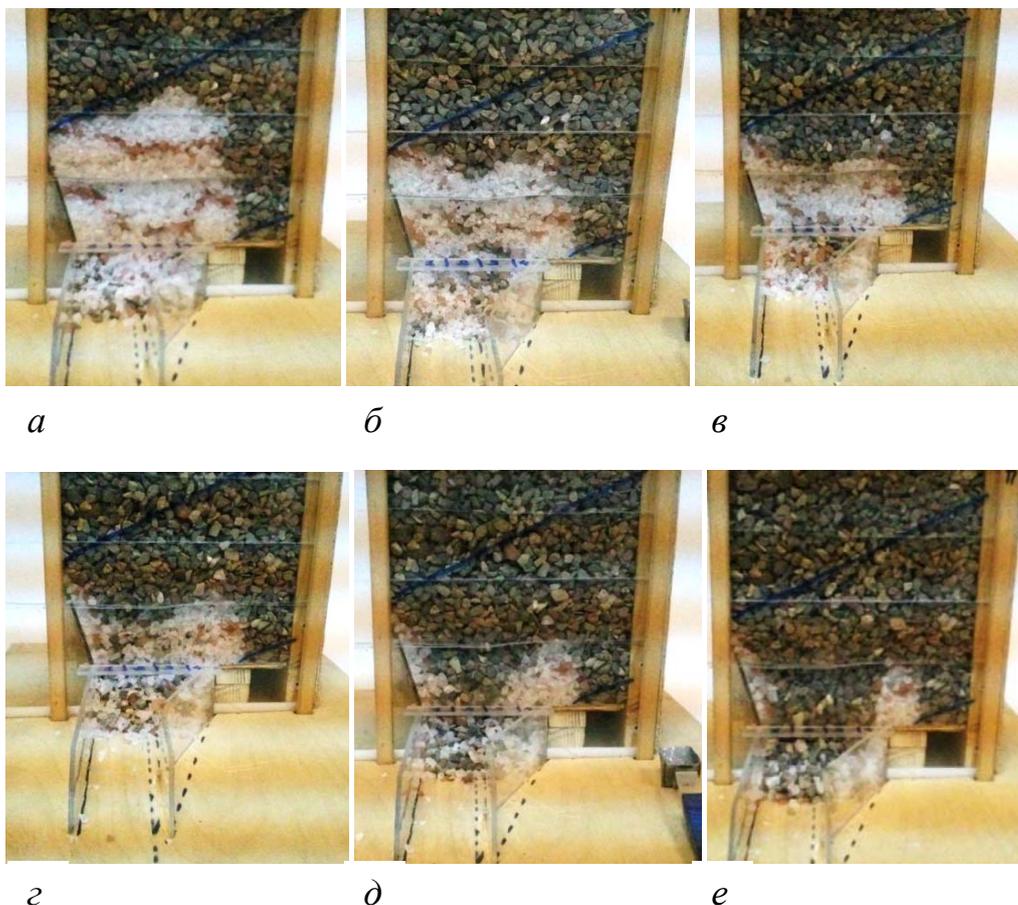


Рис. 2. Стадии выпуска «руды» при моделировании системы разработки пологопадающих пластов средней мощности: а – выравнивание линии слоя пропорционально – последовательным режимом выпуска; б – выравненный слой; в – отгрузка слоя равномерно – последовательным режимом выпуска; г – начало формирования воронки прогиба; д – воронка прогиба; е – выпущенный слой (показаны места потерь по бокам фигуры выпуска)

При разработке запасов с различной по створу погрузки руды высотой слоя режим линейно-торцового выпуска руды должен быть пропорционально последовательным.

В результате моделирования установлено, что при пропорционально-последовательном режиме отгрузки руды в технологии с обрушением с линейно-торцовым выпуском фигура истечения не является эллипсоидной. В местах погрузки с большей частотой высота фигуры выше, чем в точках менее интенсивного выпуска.

Опытами установлено, что частота включения в работу элементарных пунктов стока пропорциональна отношению высот слоя над ними в третьей степени.

Шахтное подземное строительство и подземная разработка месторождений полезных ископаемых

УДК 622.25

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ТРАНСПОРТНЫХ ВЫРАБОТОК НА РУДНИКЕ «ОКТЯБРЬСКИЙ»

И.В. Бусаргин, А.А. Немшилов
Научный руководитель В.Л. Ермолаев
Сибирский федеральный университет

Норильский никель – крупнейший в мире производитель никеля и палладия и один из крупнейших производителей платины и меди. Заполярный филиал ГМК «Норильский никель» расположен на Таймырском полуострове, полностью за Полярным кругом, на 69-ой параллели.

В заполярный филиал входит множество дочерних компаний, одна из которых «Заполярная строительная компания» (ЗСК). Она является генеральным подрядчиком на всех крупных объектах по строительству ОАО «ГМК «Норильский Никель». Норильский шахтостроительный трест является структурным подразделением ЗСК, ведущим строительство горных выработок на подземных рудниках заполярного филиала компании.

В данной работе рассматриваются проблемы, возникающие при строительстве подземных транспортных выработок с площадью поперечного сечения от 13 до 20 м² на руднике «Октябрьский».

При проходке выработок в породах средней устойчивости применяются технологии с использованием самоходного оборудования при отгрузке обитой горной массы и бурении, как взрывных, так и анкерных шпуров под крепь железобетонными штангами. Последовательность работ и операций проходческого цикла в этих условиях включает:

1. Приведение забоя в безопасное состояние и настройка забоя: ручная оборка заколов; наращивание вентиляционного става труб; наращивание коммуникаций сжатого воздуха и технической воды.
2. Отгрузка горной массы из забоя с применением погрузочно-доставочной машины.

3. Установка в призабойном пространстве буровой машины «Boomer» и бурение анкерных шпуров в кровле и бортах выработки, бурение взрывных шпуров в забое.

4. Установка в призабойном пространстве вспомогательной машины «Normet» с рабочей корзиной, замес цементного раствора, заполнение шпуров цементным раствором при помощи пневмонагнетателя и установка анкеров.

5. Заряжание взрывных шпуров и удаление вспомогательной машины из забоя.

6. Монтаж взрывной сети и взрывание.

7. Проветривание забоя.

При ручной оборке заколов кровлеоборочным ломом проходчик находится в зоне повышенного риска местного обрушения пород. Кроме того, при этом способе велика вероятность оставления скрытых отслоившихся кусков породы, которые обрушаются при бурении взрывных и анкерных шпуров. Обрушенные при бурении верхних и средних взрывных шпуров куски породы образуют у забоя выработки навал, препятствующий нормальному бурению нижних оконтуривающих шпуров. Если же нижние шпуры бурить в первую очередь, то их также заваливает породой, а кроме того, и заливает водой с буровым шламом. Решение этой проблемы нам представляется в обязательном использовании машинного способа оборки кровли, например, с применением кровлеоборочных машин «Scaletec». Обрушение всех недостаточно закрепленных в массиве кусков породы с кровли, бортов и с забоя выработки повысит как безопасность работ, так и качество оформления сечения выработки в припочвенной части.

Бурение взрывных шпуров производится буровой установкой «Boomer» с ручным гидравлическим управлением буровыми стрелами. В результате этого длительность процесса установки стрелы на место бурения шпура и общая скорость бурения зависит от квалификации машиниста, а недостаточная точность бурения при ручном управлении ведет к увеличению перебора сечения выработки. Зарубежный опыт показывает, что радикальным средством для устранения этих недостатков является переход на компьютеризированное управление процессом бурения.

При бурении анкерных шпуров той же установкой, что и взрывных шпуров в забое, установка анкеров происходит с большой долей ручного труда и с нахождением рабочего, непосредственно устанавливающего анкера, в незакрепленной части выработки. Возможным решением этой проблемы является переход на применение специализированных машин для постановки анкерной крепи «Vultec», которые совмещают операции по бурению анкерных шпуров, и их установке вместе с металлической сеткой.

При проходке выработок в породах неустойчивых применяются технологии с использованием самоходного оборудования при отгрузке обитой горной массы и с использованием переносного оборудования для бурения, как взрывных, так и анкерных шпуров под крепь клино-щелевыми и железобетонными штангами. Последовательность работ и операций проходческого цикла в этих условиях включает:

1. Приведение забоя в безопасное состояние и настройка забоя: ручная оборка заколов; наращивание вентиляционного става труб; наращивание коммуникаций сжатого воздуха и технической воды.

2. Устройство площадки с помощью погрузочно-доставочной машины из взорванной горной массы для ведения работ в верхней части забоя.

3. Установка деревянных стоек предохранительной крепи согласно паспорту крепления.

4. Доставка переносного рабочего оборудования на площадку для ведения работ в верхней части забоя.

5. Бурение анкерных шпуров в кровле выработки с помощью перфоратора ПТ-48 под клинощелевые или сталеполимерные анкеры согласно паспорту крепления (предохранительная штанговая крепь).

6. Установка предохранительных клинощелевых анкеров.

7. Бурение анкерных шпуров в кровле и в верхней части бортов выработки под железобетонные штанги (ЖБШ) с помощью перфораторов ПТ-48 и ПП-63.

8. Замес цементного раствора, заполнение шпуров цементным раствором при помощи пневмонагнетателя и установка анкеров.

9. Бурение взрывных шпуров в верхней части забоя перфораторами ПП-63, согласно паспорту БВР.

10. Освобождение площадки от переносного оборудования.

11. Отгрузка горной массы (материала площадки) из забоя.

12. Доставка переносного рабочего оборудования в призабойную зону для ведения работ в нижней части забоя.

13. Бурение анкерных шпуров перфоратором ПП-63 в нижней части бортов выработки под ЖБШ.

14. Заполнение шпуров цементным раствором при помощи пневмонагнетателя и установка анкеров.

15. Бурение взрывных шпуров в средней и нижней частях забоя.

16. Вынос оборудования из забоя на место его хранения.

17. Заряжание, монтаж взрывной сети и взрывание забоя.

18. Проветривание забоя после взрыва.

Как видно из выше представленного, организация работ в неустойчивых породах значительно усложняется при одновременном возрастании трудоемкости и снижении уровня безопасности за счет возрастания доли ручных работ, проводимых проходчиками у незакрепленного массива.

Нам представляется целесообразным переход на технологии проходки выработок в неустойчивых породах, при которых применяется тот же комплекс оборудования, что и в породах средней устойчивости с внедрением специальных технических мероприятий по повышению устойчивости бортов и кровли выработок. Последовательность работ и операций проходческого цикла при проходке в породах средней устойчивости и неустойчивых при этом будет включать:

1. Приведение забоя в безопасное состояние и настройка забоя: оборка заколов с помощью кровлеоборочной машины «Scaletec»; наращивание вентиляционного става труб; наращивание коммуникаций сжатого воздуха и технической воды.

2. Отгрузка горной массы из забоя с применением погрузочно-доставочной машины.

3. Установка в призабойном пространстве машины «Voltec» для бурения анкерных шпуров в кровле и бортах выработки, постановка анкерной крепи и навеска металлической сетки.

4. В неустойчивых породах – дополнительно бурение анкерных шпуров по периметру забоя и установка опережающей анкерной крепи.

5. Установка в призабойном пространстве буровой машины «Boomer» и бурение взрывных шпуров в забое.

6. Зарядка, монтаж взрывной сети и взрывание забоя.

7. Проветривание забоя.

Переход на предлагаемую схему организации работ потребует приобретения дополнительного дорогостоящего горнопроходческого оборудования и обеспечит повышение экономической эффективности по сравнению с применяемыми технологиями только при повышении технологической культуры и дисциплины производства.

УДК 622.013

СПОСОБЫ БОРЬБЫ С АГРЕССИВНЫМИ ВОДАМИ НА РУДНИКЕ «УДАЧНЫЙ»

И.И. Рафальский

Научный руководитель С.А. Вохмин

Сибирский федеральный университет

Трубка «Удачная» приурочена к узлу пересечения субширотной системы разломов с разломом северо-западного простирания. Она состоит из двух рудных тел: Западного и Восточного. В верхней части раз-

реза (интервал глубин 0–250 м) месторождение представлено единым телом, которое с глубины 250 м расчленяется на 2 обособленных рудных тела конусообразной формы. В настоящее время оба рудных тела вскрыты карьером до отметки – 320 м. Расстояние между телами в забое карьера около 90 м.

В районе месторождения выделяются три типа подземных вод: надмерзлотные, межмерзлотные и подмерзлотные. Первые два типа вод не оказывают практического влияния на обводненность горных выработок и условия осушения карьера, поэтому они не рассматриваются.

Таким образом, можно отметить, что криогидрогеологический резервуар вблизи трубки «Удачная» представляет собой сложную и своеобразную водонапорную систему, в разрезе которой выделяются несколько водоносных комплексов. Они отличны по своему литолого-фациальному составу, коллекторским свойствам и гидродинамическим параметрам, а также по отдельным газогидрохимическим показателям. Гидравлическая связь между ними возможна через проницаемые окна тектонических нарушений в осадочных толщах и через обводненные зоны кимберлитовых тел. Суммарная эффективная мощность пластов коллекторов в рассмотренных горизонтах составляет примерно 30-40 м. Осредненные значения водопроницаемости для описанных водоносных горизонтов около $20 \text{ м}^2/\text{сут}$, пьезопроводности $1,3 \cdot 10^5 \text{ м}^2/\text{сут}$.

В разрезе рудных тел также выделяются обводненные зоны. Первая (верхняя) водоносная зона была вскрыта на абс. отметках +100 – +144 м (Западное рудное тело) и +100 – +152 м (Восточное рудное тело). По мере отработки карьера эта зона осушена, мощность зоны в среднем 5-10 м, в центральной части Восточного тела обводненные кимберлиты отсутствовали.

Между водонасыщенными породами вмещающих осадочных толщ и обводненными зонами рудных тел существует затрудненная гидравлическая связь.

По химическому составу воды водоносной зоны кимберлитов представлены хлоридными кальциевыми рассолами с минерализацией до 140 г/л, рассолы газонасыщены, газовый фактор до $0,2 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

Особенности перехода с открытого способа отработки месторождения тр. «Удачной» на подземный с применением систем разработки с обрушением пород связаны с наличием над подземными выработками отработанного карьера глубиной около 700 м, в котором аккумулируются атмосферные осадки и подземные воды, формирующие специфический водный объект над зоной обрушения, который может угрожать прорывами воды и горной массы в подземные горные выработки.

Помимо этого, водоприитоки в подземные горные выработки формируются и за счет подземных вод. Расчетные значения объемов последних

превышают допустимые показатели, что способствует выделению газов в горные выработки и угрожает здоровью людей.

Из изложенного следует, что для ведения подземных горных работ в благоприятных условиях необходимо создание системы защиты рудника от обводнения.

При этом основными требованиями к системе являются:

- максимально возможное ограничение объема подземных вод, поступающих в горные выработки;
- обеспечение организованного и регулируемого приема и отвода атмосферных вод, поступающих в подземные выработки.

Вскрытие месторождения производится тремя вертикальными стволами: Скиповым, Клетевым и Вентиляционно-Вспомогательным, которые расположены на единой промплощадке.

Высота этажа при вскрытии рудных тел составляет 100 м.

Месторождение предлагается отрабатывать двумя очередями:

- первая очередь – отрабатываются запасы до горизонта – 580 м;
- вторая очередь – отработка запасов до горизонта 1080 м.

Первая очередь вскрывается тремя горизонтами:

- горизонт – 380 м – вентиляционный, на данный горизонт выдается грязный воздух с рабочих горизонтов;
- горизонты – 480 м и – 580 м – добычные горизонты, на которых ведется отработка запасов месторождения.

Строительство I очереди рудника производится 3 пусковыми комплексами.

На основании технологического регламента до гор. – 580 м рекомендована система отработки подкарьерных запасов трубки «Удачная» системой этажного принудительного обрушения с одностадийной выемкой и отбойкой в зажатой среде под рудной предохранительной подушкой. Для изоляции подземных горных работ от открытого пространства карьера предусматривается образование предохранительной рудной подушки толщиной порядка 30 м.

При подземной отработке рудных тел системой с подэтажным обрушением водопритоки в рудник формируются за счет подземных вод 210-350 м³/ч и атмосферных осадков. Таким образом, при отработке руды в добычные забои будет поступать значительный приток рассолов, содержащих растворенные токсичные газы. В связи с этим, было установлено, что целесообразна опережающая водозащита подземных горных работ, позволяющая ограничить объем подземных вод, поступающих в добычные забои.

В данных условиях наиболее перспективна водозащита восстающими дренажными скважинами.

Сооружение дренажных устройств предполагается выполнить из подземных горных выработок по откаточным штрекам и ортам.

Схемы водозащиты рудника разработаны исходя из предпосылки, что кольцевые откаточные штреки на горизонтах – 480 и – 580 м проходятся в слабопроницаемых породах за контуром зоны сдвижения горных пород при предельной глубине отработки рудника 1ой очереди. Кольцевой откаточный орт гор. – 365 м оконтуривает зону очистных работ и используется для сооружения дренажных устройств в связи с отсутствием кольцевого штрека на гор. – 380 м. Все вскрывающие и подготовительные выработки блоков следует проходить с опережающим бурением.

Несмотря на значительную разницу в водопритоках по зонам Западного и Восточного рудных тел, на стадии проект рекомендована схема равномерного расположения узлов скважин с учетом вероятности формирования в слабопроницаемой зоне ЗРТ достаточно высоких остаточных напоров даже при наличии защитных устройств.

Оптимально выбор местоположения узлов скважин определяется данными опережающего бурения и наличием зон повышенной трещиноватости, выявленных при проходке выработок.

Таким образом, при отработке блоков – 320 / – 380, – 380 / – 480 и – 480 / – 580 м системами с обрушением предусматривается водозащита с помощью наклонно-восстающих скважин, сооружаемых из специальных камер на горизонтах – 365, – 480 и – 580 м.

Установлено, что при эксплуатации 10 узлов восстающих скважин с суммарным дебитом 240 м³/ч обеспечивается водозащита блока – 320/- 380 м. достигается снижение уровня СВК до абсолютных отметок – 345/- 350 м. Остаточный напор над кровлей горизонта – 380 м при одновременной работе всех узлов скважин в течение 2 лет составит – 30м, а «проскок» вод – до 30 м³/ч.

Эксплуатация 14 узлов восстающих скважин с суммарным дебитом 290 м³/ч способствует водозащите блока – 380/- 480 м. Величина «проскока» к горным выработкам будет 30 м³/ч. Остаточный напор над кровлей горизонта – 480 м составит 15-20 м.

Водозащита блока – 480/- 580 м осуществляется 14 узлами восстающих скважин с суммарным водоотбором 305 м³/ч. «Проскок» к горным выработкам достигнет 45 м³/ч. остаточный напор над кровлей горизонта – 580 м будет в пределах 20-30 м.

Водоприток к одному узлу скважин в районе ВРТ составит 32-25 м³/ч, а в районе ЗРТ – 12-7 м³/ч.

Из одной камеры сооружается 4 скважины длиной по 120 м каждая. Общее количество скважин – 152 шт., шаг между узлами скважин – 150-200 м, количество камер – 38 шт., средний дебит одного уз-

ла скважин – 15-22 м³/ч. Суммарный водоотбор системой предполагается на горизонте –365 м в размере 240 м³/ч, на горизонте – 480 м – 290 м³/ч, на горизонте – 580 м – 305 м³/ч. Остаточный напор над кровлей горизонта при одновременной работе узлов скважин в течение 1,5 – 2 лет составит 15-30 м при «проскоке» к каждому горизонту 30-45 м³/ч. Водозащита выполняется поэтапно: первоначально на гор. – 365 м, где длина восстающих скважин составляет 115 м. Затем восстающие скважины сооружаются последовательно на горизонте – 480 м при обработке блока – 380/- 480 м и на горизонте – 580 м при обработке блока – 480/- 580 м.

Отвод дренажных вод от узлов восстающих скважин осуществляется по водоотводным канавам к насосным станциям шахтного водоотлива на горизонте – 580 м. К этой же насосной станции перепускаются и атмосферные воды. Выделение газа при отводе дренажных вод по отводным канавам учтено при расчете вентиляции.

При организации водоотлива без разделения паводковых и подземных вод с выдачей всего притока дренажных вод единым комплексом водоотлива, весь объем откачиваемых рудничных вод будет иметь минерализацию, исключаящую их сброс в речную сеть. Единый водоотливной комплекс располагается на гор. – 580 м и обеспечивает откачку дренажных вод в двух режимах: штатном 350+200+50 = 600 м³/ч и нештатном – 2000+600 = 2600 м³/ч. При этом устья рудоспусков и восстающих между горизонтами на горизонтах выпуска должны быть подняты относительно почвы выработки не менее, чем на 0,5м с тем, чтобы обеспечить эксплуатацию рудоспусков и восстающих при пропуске нештатного объема водоприток. Учитывая, что водоприток атмосферных вод носит кратковременный характер, объем водосборника (при штатном режиме) определяем из условия $V = 4 Q_{\text{норм}}$, где $Q_{\text{норм}} = 600 \text{ м}^3/\text{ч}$, $V = 2400 \text{ м}^3$.

После соответствующей водоподготовки с очисткой (отстоем) от механических взвесей, эти воды подаются к скважинам на полигон захоронения (Киенгский).

Системы осушения могут являться дополнительным источником технического водоснабжения предприятий и рудников. В настоящее время основной объем дренажных вод, получаемых в результате работы дренажных систем метрополитена и других объектов на городских территориях, бесцельно сбрасывается в речную сеть. Аналогичная ситуация наблюдается и на многих горных предприятиях, когда получаемые дренажные воды не используются в технологических циклах. Совмещение дренажных систем и систем водоснабжения способствует снижению затрат, способствует сбережению ресурсов и является экономически выгодным.

**РАЗВИТИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОДОРОЖНЫХ ТОННЕЛЕЙ
ОВАЛЬНОЙ ФОРМЫ МОДУЛЬНЫМ УНИВЕРСАЛЬНЫМ
ЩИТОВЫМ КОМПЛЕКСОМ «МУСКАТ» И РАЦИОНАЛЬНОЕ
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫЕМОЧНОГО ПРОСТРАНСТВА
ПРИ ПРОХОДКЕ**

Г.С. Ябуров

Научные руководители Г.С. Курчин, Д.А. Урбаев

Сибирский федеральный университет

В настоящее время на территории крупных мегаполисов ярко выражена катастрофическая дорожно-транспортная ситуация, связанная с нехваткой полос дорожного движения, узкие улицы в местах памятников культуры и архитектуры, отсутствие парковочных площадок, в результате чего, автовладельцы оставляют свои автомобили у обочины, что снижает пропускную способность и без того загруженного участка дороги. Как следствие повышается статистика наездов на пешеходов, растут автомобильные пробки. Метрополитены в городах лишь частично снимают эту загруженность. Рациональным решением является перевод автодорожного транспорта под землю. Для чего необходимо создать сеть автодорожных развязок с многоуровневыми съездами и выходами на дневную поверхность. Сегодня это решение представляется как единственное.

В условиях плотной городской застройки на сегодняшний день активно используется проходка тоннелей с помощью тоннелепроходческих механизированных комплексов (ТПМК) таких фирм как *Lovat, Robbins Herrenknecht, Hitachi Ltd., Mitsubishi Heavy Industries, Wirth, Palmieri* и др. ТПМК выпускают для строительства тоннелей в различных горно-геологических условиях и с технологиями проходки с гидропригрузом, грунтопригрузам или кессонированием забоя. Данные щитовые комплексы в основном имеют круглое поперечные сечения с роторным рабочим органом.

Автодорожные тоннели сооружают для 2-, 3-, 4-, 6- и 8-полосного движения автотранспорта в одном, иногда в двух ярусах. В зависимости от глубины заложения тоннельной конструкции от поверхности земли или воды различают автодорожные тоннели глубокого (более 10-12 м) и мелкого (менее 10-12 м) заложений.

В плане автодорожные тоннели могут располагаться на прямых и криволинейных участках; при этом случае минимально допустимый радиус кривизны составляет 250-400 м. Продольный профиль автодорожного тоннеля имеет односкатное и двускатное выпуклое (горные автодорожные тоннели)

или вогнутое (подводные и городские автодорожные тоннели) очертания. Максимальный продольный уклон проезжей части автодорожные тоннели 40 ‰ (в особых случаях 60 ‰), минимальный – 3 ‰.

Размеры поперечного сечения автодорожных тоннелей выбираются с учётом габаритов приближения строений и оборудования и размещения эксплуатационных устройств. Форма поперечного сечения тоннеля может быть круглой, овальной или подковообразной. Прямоугольная и квадратная формы встречаются редко, поскольку при таких формах снижается прочность тоннеля.

Тоннели с круглым поперечным сечением применяют при наличии всестороннего давления. Распространённость ТПМК круглого сечения связана с его принципом работы, «высверливания» круглого отверстия и простоты технологического устройства. Такая форма тоннелей хорошо подходит для железнодорожного транспорта. Для автодорожных тоннелей целесообразнее применять овальное поперечное сечение, для достижения высокой пропускной способности – 4 полосы минимум, возможностей круглых щитов уже не хватает (ширина дорожной полосы в автодорожных тоннелях составляет 4 м, а высотный габарит должен быть 5 м).

Сравнивая же ТПМК круглого сечения, увеличение диаметра тоннеля повлечет за собой увеличение потребляемой мощности в кубической зависимости, кроме этого вынимается большое количество "лишнего" грунта, а образуемые пустоты практически не используются.

Значительные затраты на строительство тоннелей окупаются за счёт улучшения транспортных связей, решения энергетических проблем, упорядочения систем городского хозяйства, преобразования и охраны окружающей среды. Так как строительство тоннелей не оказывает нарушения бытового режима водотока, которое может происходить во время эксплуатации моста, отверстием которого стесняется водоток. А также не возникает масштабных воздействия и отчуждения земель для размещения сооружения и значительного изменения рельефа.

Назначение, место расположения тоннелей, его длина и глубина заложения, очертание в плане и профиле, форма и размеры поперечного сечения обусловлены топографическими, климатическими и инженерно-геологическими условиями, способом строительства, а также экономическими и экологическими соображениями.

Сегодня в г. Красноярске существует огромная проблема затруднённости дорожного движения. Главной причиной является недостаточное транспортное сообщение между берегами через реку Енисей. В 2012 г. утверждён проект на строительство четвертого автодорожного моста через реку Енисей. Данное транспортное сообщение лишь на небольшой период сможет сдерживать растущий транспортный поток. Инфраструктура города развивается стремительно, и в дальнейшем снова возникнет необходимость

еще одного транспортного сообщения. Строительство моста сопряжено с большим объемом изменений облика города. Поэтому, чтобы сохранить первозданность и красоту города, необходима проходка автодорожного тоннеля, который бы соединил два берега реки и не требовал больших площадей сноса зданий. Предположительно можно соединить район Южного берега на правом берегу и улицу Партизана Железняка на левом, общая длина данного тоннеля составит около 2,5 км (рис. 1).

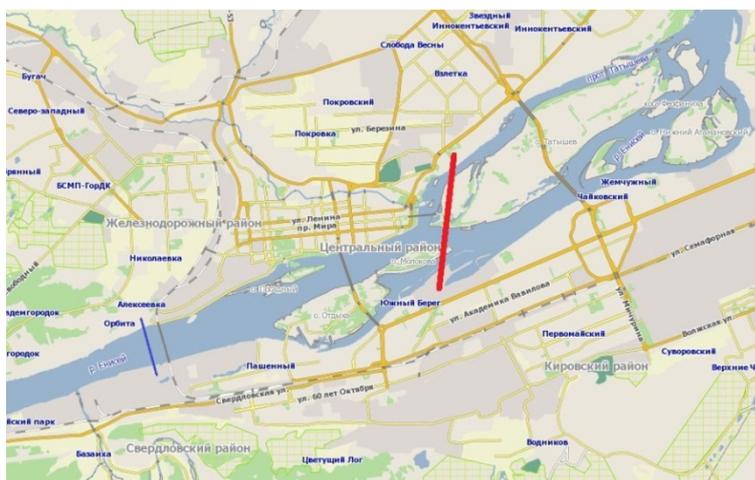


Рис. 1. Схема расположения тоннеля (справа – расположение будущего тоннеля; слева – расположение будущего четвертого моста)

Тоннель предполагает наличие ряда съездов и подземных развязок. Все больше автомобильных дорог прокладываются под землей, что экономит городское пространство и сокращает затрачиваемое на дорогу время, помогая предотвращать пробки и заторы. Строительство тоннеля позволит создать разветвленные дорожные сети повышенной функциональности. На сегодня редко применяются типовые решения: как правило, необходим специальный расчет проекта с учетом особенностей конкретного ландшафта.

В геологическом плане в Красноярске по обеим сторонам реки Енисей, вытянутые вдоль его берегов почти на 40 км очень тяжёлые для строительства грунты – сильно-трещиноватые, значительно обводнённые и проседающие. Предполагается строительство тоннеля глубокого заложения, что обоснованно представленными со стороны левого берега трещиноватыми песчаниками, известняками и сильно-трещиноватыми алевролитами и мергелями. Со стороны же правого берега – суглинками и глинами, а также сильно-трещиноватыми алевролитами, мергелями, конгломератами, редко известняками.

Подробное изучение геологии участка будущего тоннеля позволило подобрать технически обоснованные специальные методы проходки, а также поддержания и выбора крепления забоя и самого тоннеля в целом.

Подземные работы под Енисеем будут проводиться, преимущественно, в слабых неустойчивых грунтах под большим гидростатическим давлением, что требует исключительной осторожности при ведении горнопроходческих операций, предварительного исследования надежности защитных свойств породной кровли и забойного пространства, подготовки эффективных мер по технике безопасности, разработки защиты против стихийного прорыва воды. Наибольшая вероятность прорыва воды в забой при проходке подводных тоннелей закрытыми способами возникает в случае гидравлической связи грунтовых и поверхностных вод. Технология строительства тоннеля должна учитывать ряд моментов, применение кессонных работ, закрепления грунтов специальными растворами методом глубоких скважин.

Для данных условий предлагается рациональная овальная форма поперечного сечения для 3-х полосного движения транспортных средств в одном и обратном направлении: ширина выработки – 20 м, высота тоннеля – 11 м, площадь поперечного сечения – 220 м².

По этой причине выбрано овальное сечение тоннеля для многополосного движения транспортных средств вытянутое вдоль горизонтальной оси (рис. 2).

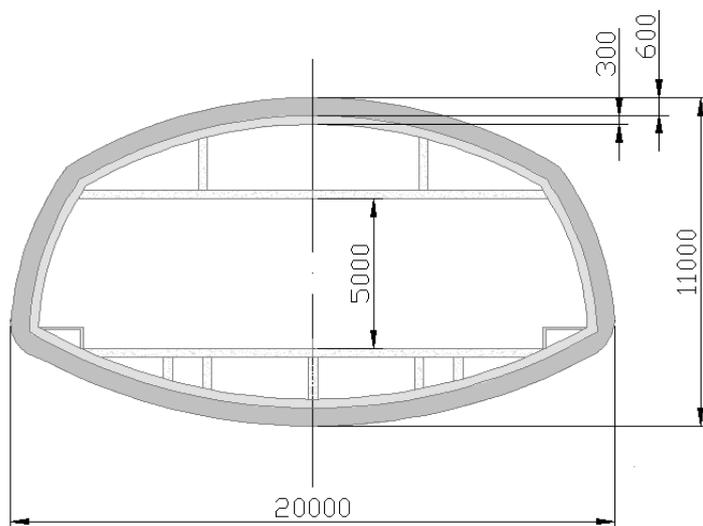


Рис. 2. Овальная форма поперечного сечения на 6 полос движения

Аналогом являются щитовые комплексы японского производства с двумя или тремя планшайбами. Сооружённые тоннели этими щитовыми комплексами имеют сечения, вытянутые вдоль горизонтальной оси в виде пересекающихся двух или трех окружностей. По этой причине в этих тоннелях в местах пересечения окружностей приходится устанавливать колонны для поддержания обделки «соседних» тоннелей, что усложняет технологию проходки, снижает скорость и удорожает строительство. Кроме

того, колонны перекрывают свободное сечение тоннеля. Поэтому использование колонн не рационально для рассматриваемого автодорожного тоннеля.

Анализ большого количества вариантов показал, что для данных условий превосходно подходит технология, разработанная Московским государственным горным университетом «Модульный универсальный скоростной комплекс с пригрузом забоя для сооружения автодорожных тоннелей» («МУСКАТ»).

ТПМК «МУСКАТ» обладает возможностью вести проходку в любых горно-геологических условиях при больших притоках воды и сооружать многополосные автодорожные тоннели со скоростью свыше 500 м/месяц без осадки дневной поверхности. Комплекс обладает модульной конструкцией и, следовательно, может быть трансформирован для сооружения также трех-, двух- и однополосных автодорожных тоннелей. Суммарная мощность привода исполнительного органа-2000 кВт. Гидромоторы, приводящие рабочий орган во вращательное движение, находятся внутри исполнительного органа и доступ к ним возможен в любое время. Схема установки и расположения гидромоторов привода рабочего органа позволяет увеличивать или уменьшать их количество, находящееся в работе, и тем самым регулировать пусковой крутящий момент и скорость вращения рабочего органа. Суммарная мощность привода может быть также легко увеличена путем установки дополнительных гидромоторов. Данные показатели играют огромную технологическую роль для строительства тоннеля в Красноярске. Это весьма на пользу, при сравнении с щитами круглого поперечного сечения, которые не позволяют получить тоннели вытянутые вдоль горизонтальной оси и рациональным использованием выемочного пространства в целом.

Технологические звенья комплекса «МУСКАТ» показаны на рис. 3.

Для улучшения работы ТПК в агрессивных условиях проходки данного автодорожного тоннеля предлагается устанавливать исполнительный орган, предложенный в работе В.А. Самойлова. Данный элемент проходческого щита (рис. 4) включает центральный роторный рабочий орган в виде планшайбы, рабочие органы для получения овальной формы сечения тоннеля, выполненные в виде двух боковых и двух вертикальных рабочих органов барабанного типа, при этом каждый боковой рабочий орган выполнен в виде тела вращения, размещенного относительно горизонтальной главной центральной оси сечения тоннеля с дугообразной образующей, соответствующей своду, половине боковых сводов и окружностям их сопряжения, а торцевые поверхности вертикальных рабочих органов барабанного типа соответствуют своду и обратному своду тоннеля с пороодообразующими инструментами на внешних поверхностях.

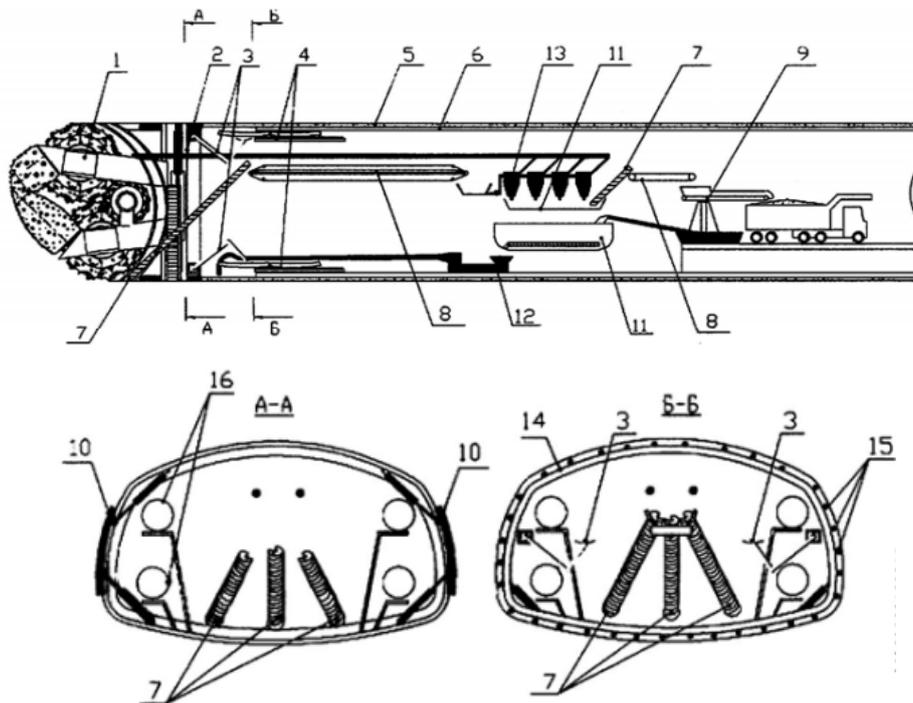


Рис. 3. 1 – головная секция комплекса «МУСКАТ»; 2 – распорная секция; 3 – манипуляторы для монтажа сборной опалубки; 4 – рольштанги для подачи блоков обделки; 5 – первый слой обделки; 6 – второй слой обделки; 7 – шнековые перегружатели; 8 – ленточные перегружатели; 9 – поворотный перегружатель; 10 – грепера; 11 – емкости для инертных и связующих; 12 – бетононасосы; 13 – гидроциклоны; 14 – прессовал; 15 – щитовые домкраты распорной секции; 16 – проходы в рабочий орган

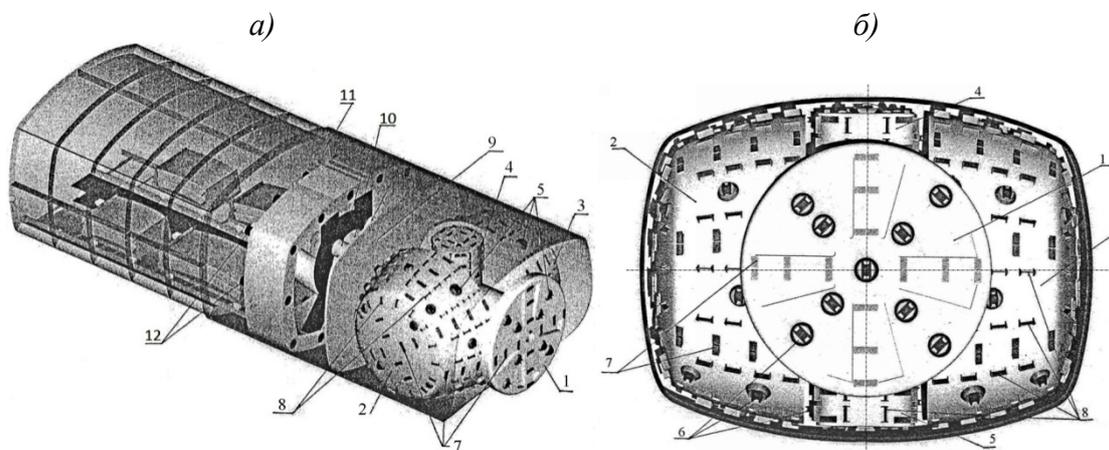


Рис. 4. а – общий вид ТПИК «МУСКАТ»;
б – вид исполнительного органа со стороны забоя

Рассматриваемый исполнительный орган щита позволяет влиять на положение овального сечения тоннеля при передвижке щитового комплекса путем изменения направления вращения рабочих органов.

Исполнительный орган проходческого щита состоит из центрального роторного рабочего органа в виде планшайбы 1 и двух боковых рабочих органов 2 и 3, каждый из которых выполнен в виде тела вращения относи-

тельно горизонтальной главной центральной оси сечения тоннеля дугообразной образующей, соответствующей своду, половине боковых сводов и окружностям их сопряжения, двух вертикальных 4 и 5 рабочих органов барабанного типа, торцевые поверхности которых соответствуют своду и обратному своду тоннеля, приводы каждого рабочего органа находятся внутри, что позволяет осуществлять их обслуживание и ремонт. На внешней поверхности рабочих органов закреплены породоразрушающие инструменты: шарошки 6, резцы 7 и скребки 8. При проходке в прочных породах рабочие органы оснащают шарошками и скребками, в породах средней прочности – резцами и скребками, а в слабых породах – скребками. Исполнительный орган проходческого щита отделен герметической диафрагмой 9, что позволяет вести проходку в сложных гидрогеологических условиях с породным или суспензионным пригрузом забоя.

Щитовой корпус может быть шарнирным, что увеличивает скорость проходки на 25-30 % за счет непрерывной разработки породы без остановки на монтаж обделки и (при необходимости) позволяет проходить тоннель на криволинейных участках с радиусами закругления менее 100 м.

Привод каждого рабочего органа может быть гидравлический или электрический с терристерным управлением.

Перемещение исполнительного органа на забой может осуществляться двумя способами:

- путем воздействия гидравлических домкратов исполнительного органа (не показаны) на направляющую 10;

- путем передвижки всего щитового комплекса (ТПМК) с отталкиванием от обделки тоннеля 11 щитовыми домкратами 12 или от второй секции щита, распертой в окружающий горный массив греперами при шарнирном корпусе щита.

Работа исполнительного органа проходческого щита осуществляется, одновременным включением всех приводов рабочих органов и подачи исполнительного органа на забой гидродомкратами.

При породном пригрузе разрушенная порода в рабочей зоне между забоем и герметической диафрагмой пластифицируется специальными гидродобавками, которые подаются в необходимом объеме в рабочую зону рассредоточено по всему ее объему. Давление пригруза постоянно контролируется и поддерживается равным гидродавлению забоя путем, с одной стороны, выдачи породы шнековым перегружателем, с другой стороны, соответствующей передвижкой щита на забой.

При гидропригрузе за герметическую диафрагму подается по трубам раствор бентонитовой глины и сжатый воздух, которые обеспечивают необходимый пригруз забоя в неустойчивых породах. Жидкая смесь разрушенной породы и бентонитовой глины выдается на поверхность насосами по трубам, где производится отделение бентонитовой глины и воды от по-

роды. После этого раствор бентонитовой глины подается в рабочую зону по трубам для повторного использования, а порода самосвалами вывозится на свалку.

При возведении тоннеля данным комплексом в качестве обделки предлагается использовать различные типы обделок, таких как пресс-бетон, сборную обделку как временную крепь, монолитный бетон и железобетон в сочетании с дисперсным армированием – как постоянную.

В рассматриваемых условиях автодорожного тоннеля Красноярска следует использовать бетоны с высокими технологическими свойствами, высокопрочные до 200 МПа и повышенной водонепроницаемости.

Двухслойная обделка позволяет применять между слоями напыление гидроизоляционного слоя, что значительно повысит гидроизоляционные свойства тоннеля. Сборная обделка, устанавливается в неустойчивых породах с разжимом в окружающий горный массив.

Возводимая обделка при комплексе «МУСКАТ» состоит из первого слоя и второго слоя. Второй слой крепи включает в работу элементы как верхний, так и нижний составляющей фермы сводов тоннеля.

Несущая способность обделки рассчитывается оперативно для различных горно-геологических условий с использованием программы «Cosmos/M».

В заключении, проходка тоннеля щитовым комплексом «МУСКАТ» позволит решить загруженность дорог не только в городе Красноярске, его применение облегчит работу в условиях плотной городской застройки, прокладывая трассу подземных тоннелей в очень сложных градостроительных, инженерно-геологических, технических и экологических условиях: сформировавшейся улично-дорожной сети, сложившейся плотной производственно-коммунальной и селитебной застройки, сильно разветвленной многоуровневой системы коммуникационных сетей, обеспечивая тем самым высокие темпы проходки, не говоря уже о рациональном использовании выемочного пространства.

Общеизвестно, что строительство и функционирование дорог и собственно автомобильный транспорт оказывают значительное воздействие на окружающую природную среду (вода, воздух, уровень шума, местообитания флоры и фауны, миграционные пути животных и т. д.) и на качество жизни населения, пользующегося этими благами цивилизации.

Строительство данного тоннеля позволит компенсировать наносимый ущерб, но и способствовать созданию мероприятий, направленных на сохранение, реабилитацию, конструирование и улучшение состояния окружающей среды, попадающей в зону влияния объектов транспортного комплекса, а также условий труда, быта и отдыха населения.

ИНЖЕНЕРНАЯ МАТЕМАТИКА

УДК 514.12:622

НЕКОТОРЫЕ ПРИМЕНЕНИЯ ФРАКТАЛОВ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

А.В. Овчинников

Научный руководитель Ю.А. Терещенко

Сибирский федеральный университет

На сегодняшний день трудно не найти прикладных задач, которые бы решались с помощью применения фракталов. Они отлично себя зарекомендовали в таких науках как компьютерная графика, информатика, физика. А в последнее время они стали совсем не заменимы в экономике.

Многие данные, полученные экспериментальным путем, обладают элементами фрактальности. Поэтому наиболее приемлемым способом анализа эмпирических данных является фрактальный анализ. Одним из самых перспективных направлений фрактального анализа является изучение изменения во времени такой характеристики, как фрактальная размерность D_0 .

Существует несколько способов определения фрактальной размерности:

1) клеточный способ. Когда график накрывают серией клеток и определяют фрактальную размерность, исходя из поэтапного изменения размеров клеток;

2) R/S метод. Суть заключается в анализе размаха параметра (наибольшим и наименьшим значением на изучаемом отрезке) и среднеквадратичного отклонения;

3) способ, основанный на изменении длины кривой в зависимости от масштаба. Если кривая является фрактальным объектом, то ее длина при уменьшении масштаба увеличивается как степенная функция.

Исторически сложилось так, что первой прикладной задачей, которую помогли решить фракталы, была задача о длине береговой линии. С трудностями при измерении которой столкнулся в начале прошлого века английский гидромеханик Ричардсон. Было замечено, что при увеличении масштаба длина ломаной резко возрастает. Причина состоит в том, что при измерении длины береговой линии, используется определенная совокуп-

ность отрезков, которых, при увеличении масштаба, оказывается недостаточно, чтобы описать берег в полной мере. Была выведена формула для расчёта длины береговой линии, которая не стремится к конечному пределу, а увеличивается по степенному закону, установленному Ричардсоном:

$$L(l) \sim \alpha \cdot l^{1-D_0},$$

где D_0 – и есть фрактальная размерность, α – некоторый коэффициент.

Закон был установлен на основе статистических данных длин побережья Великобритании, определенных при различных масштабах. Для подсчёта береговой линии, берег покрывался квадратными ячейками со стороной l .

Нужно отметить, что фракталы являются малоизученной областью математики. Все сведения, относящиеся к тематике данного толка, не имеют под собой единой научной базы. Поэтому задача анализа этих объектов и построение цельной фрактальной теории является первостепенной. Приоритетной задачей в этом направлении является анализ так называемой фрактальной размерности, получившей широкое прикладное значение. Вообще говоря, существуют различные виды размерностей. Размерность фазового пространства n соответствует количеству переменных, определяющих состояние динамической системы (ДС). Если математическая модель ДС задана в виде системы обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка, то n определяется числом данных уравнений

$$\frac{d\bar{x}}{dt} = \bar{F}(\bar{x}, \bar{\mu}), \bar{x} \in R^n, \bar{\mu} \in R^k.$$

Чтобы охарактеризовать некоторое множество S в пространстве R^n , можно воспользоваться топологической размерностью – d_t . Она равна минимальному количеству параметров, которое необходимо указать, чтобы обозначить положение точки на множестве S . Величина d_t (так же, как и n) принимает только положительные целые значения. Если речь идет о линии, то $d_t = 1$, для поверхности $d_t = 2$ и т. д.

Другое определение размерности было предложено немецким ученым Феликсом Хаусдорфом. Пусть S – некоторое множество в пространстве R^n . Предположим, что мы покрываем данное множество кубиками $\{B_i\}$ с величиной ребра, не превышающей некоторое значение l . При этом, каждая точка множества S должна обязательно попасть в тот или иной кубик.

Тогда мера Хаусдорфа $L_\delta(S) = \liminf_{l \rightarrow 0} \sum_{B_i \in K(l)} |B_i|^\delta$. Здесь \inf – минимальное значение (нижняя грань) по всем возможным покрытиям $K(l)$ множества S

кубиками $\{B_i\}$; $|B_i|$ – величина ребра кубика ($|B_i| < l$). Указанный предел зависит от параметра δ . Размерность Хаусдорфа d_H представляет собой такое значение δ , при котором величина $L_\delta(S)$ является конечной.

$$\begin{cases} d > d_H(S) \Rightarrow L_\delta(S) = 0, \\ d < d_H(S) \Rightarrow L_\delta(S) = +\infty. \end{cases}$$

Согласно данному определению, d_H может принимать нецелые значения. В общем случае, если размерность является нецелой, ее называют фрактальной или размерностью Хаусдорфа. Хотя понятие размерности Хаусдорфа хорошо определено с точки зрения математики, ее чрезвычайно сложно вычислить. Поэтому обычно используют более «практичные» определения фрактальных размерностей.

Одним из таких «практичных» определений размерности является емкость (или емкостная размерность D).

Пусть S – некоторое множество в пространстве R^n , которое покрывается кубиками размера l (рис. 1). Если обозначить через $N(l)$ число кубиков, необходимых для покрытия всего множества, то емкость представляет собой предел следующего вида:

$$D_0 = \lim_{l \rightarrow 0} \frac{\ln N(l)}{\ln(1/l)}.$$

Эта величина характеризует, как меняется число элементов покрытия при изменении l : $N \sim l^{-D_0}$. Если в качестве S рассматривается единственная точка, то $N(l)=1$ и не зависит от l , то $N \sim l^0 \rightarrow D_0 = 0$. Если анализируется отрезок линии длины L , то $N(l) = \frac{L}{l} \sim l^{-1} \rightarrow D_0 = 1$. Для поверхности площади P : $N(l) = \frac{P}{l^2} \sim l^{-2} \rightarrow D_0 = 2$.

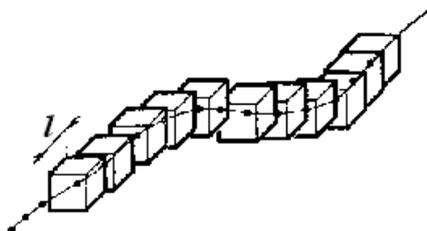


Рис. 1. Покрытие отрезка линии кубиками размера l

Во всех этих случаях емкость D_0 совпадает с топологической размерностью d_T и является целым числом. В качестве примера объекта с дробной размерностью D_0 (т. е. фрактального объекта) рассмотрим

Канторово множество. Процедура его построения состоит в следующем. Берется отрезок единичной длины $[0, 1]$. разбивается на 3 равные части, средняя из которых выбрасывается. В результате, на первом шаге процедуры построения Канторова множества мы получаем два отрезка $[0, 1/3]$ и $[2/3, 1]$ длины $l = 1/3$ (рис. 2).

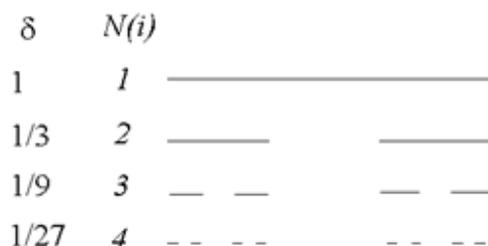


Рис.2. Этапы построения Канторова множества

На следующем шаге каждый из этих отрезков вновь разбивается на 3 равные части, и опять выбрасывается средняя часть. Такая процедура продолжается со всеми оставшимися отрезками. Если для покрытия множества на некотором шаге k используются кубики с величиной ребра $l = \frac{2}{3^k}$, то необходимое количество кубиков составит $N(l) = 2^k$. Таким образом, фрактальная размерность Канторова множества численно равна

$$D_0 = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln 2^k}{\ln 3^k} = \frac{\ln 2}{\ln 3} \approx 0,63.$$

Если говорить о геометрии объекта, то Канторово множество есть нечто большее, чем точка (для которой $D_0 = 0$), но нечто меньшее, чем интервал ($D_0 = 1$). Для этого множества емкость совпадает с размерностью Хаусдорфа $D_0 = d_H$, но не совпадает с топологической размерностью ($d_T=0$). В общем случае справедливо неравенство: $d_T < d_H < D_0$

Оглядываясь на нефтегазовый комплекс наук, можно заметить, что здесь успехи применения фракталов совсем не значительные. Большинство специалистов-нефтяников вообще не слышали о них. Возможно поэтому и столь скромный, по сравнению с возможным, процент извлекаемой нефти из наших недр? Поэтому поиск возможного применения фракталов в нефтегазовой отрасли является актуальной задачей на сегодняшний день. В работе предложены некоторые возможные области и направления применения фракталов.

Фрактальная размерность является показателем сложности кривой. Анализируя чередование участков с различной фрактальной размерностью и тем, как на систему воздействуют внешние и внутренние факторы, можно научиться предсказывать поведение системы. И что самое главное, диагностировать и предсказывать нестабильные состояния.

Типичным примером фрактальных кривых могут служить графики распределения объемов добычи флюида по времени. Данное направление применения фракталов было подробно рассмотрено в статье И.Н. Быкова. «Исследование фонда добывающих газовых скважин Вой-Вожского месторождения с применением фрактального анализа» (УГТУ, г. Ухта). Для расчета фрактальной размерности кривых дебита скважин применялся третий способ (изменение длины кривой в зависимости от масштаба). Измерение ломанной, описывающей динамику добычи, производилось вручную с помощью циркуля, шаг которого последовательно изменялся от 10 до 2 мм. По результатам расчетов было определено, что значения фрактальной размерности ломаной линии, описывающей распределение объемов добычи флюида по времени, лежат в интервале от 1,003 до 1,38 и колеблются в зависимости от выбранного масштаба и стадии разработки (большие на начальной стадии с последующим уменьшением).

Дальнейший анализ кривых выявил три характерных режима работы скважин. На основании полученных данных был построен график зависимости D_0 от t , из которого стало ясно, что каждому режиму работы скважины соответствует свой интервал фрактальной размерности (режим максимальных дебитов – до 1,25-1,23; режим резкого снижения дебитов – 1,23-1,13; режим стабильно низких дебитов – менее 1,13). Полученные данные дают возможность использования фрактальной размерности Хаусдорфа, в качестве инструмента оперативного контроля и прогнозирования дебитов добывающих газовых скважин.

Фракталы нашли свое применение и в описании процесса разрушения горных пород. В частности, был проанализирован популярный в наши дни метод увеличения добычи нефти «гидроразрыв пласта» (ГРП). Суть заключается в создании трещины в коллекторе (нефтегазосодержащем пласте) посредством закачки воды под большим давлением, что приводит к дальнейшему развитию трещин, по которым планируется приток флюида из более продуктивных участков к скважине.

Изучив процессы разрушения горных пород, был сделан вывод, что результатом является разветвленная система трещин (т. е. процесс нелинейный, и закон Гука не действует). (Изучение процесса разрушения ГП было представлено в учебном пособии В.Н. Вадковского и В.С. Захарова. «Динамические процессы в геологии: первое знакомство с нелинейными системами»). Эксперименты проводились с двумя видами деформаций – растяжение и сдвиг, распространенных в природе и являющимися результатом применения ГРП (рис. 3).

Удивительно то, что конфигурации трещин в обоих случаях имели фрактальную структуру с одинаковой размерностью 1,62-1,64. (В дальнейшем исследования проводились на компьютерной модели разрушения ГП, основанной на теории фракталов). Оказалось, вероятнее всего предпо-

ложить, что трещины окружают куски цельной породы, по которым будет постоянно циркулировать вода и таким образом блокировать выход нефти из них в проточную часть коллектора (рис.4).

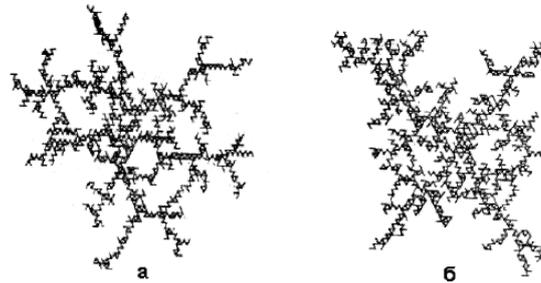


Рис. 3. Фрактальность трещин при: а – растяжении; б – сдвиге

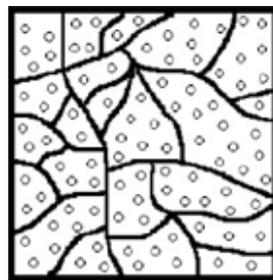


Рис. 4. Части коллектора, в которых блокирован выход нефти в проточную часть

В итоге на месторождениях наблюдается кратковременный эффект увеличения добычи, который ведет к консервированию нефтесодержащих частей горной породы. Таким образом, применив фрактальный подход к описанию процесса разрушения горных пород, можно сделать вывод о неоднозначности метода ГРП, являющегося одним из самых востребованных методов увеличения нефтеотдачи пласта в России.

МАШИНОСТРОЕНИЕ: АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 62 – 229.381

КОНСТРУКЦИЯ И НАГРУЗОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АДАПТИВНОЙ ГИДРОСТАТИЧЕСКОЙ ШПИНДЕЛЬНОЙ ОПОРЫ С АКТИВНОПОДВИЖНОЙ ВТУЛКОЙ

М.В. Брунгардт

Научные руководители Я.Ю. Пикалов, С.Н. Шатохин

Сибирский федеральный университет

Известно, что с ростом требований к производительности и точности обработки на металлорежущих станках снижается возможность эффективного использования в шпиндельных опорах подшипников качения, а также повышенные усилия резания при обработке высокопрочных сплавов.

В Сибирском федеральном университете (СФУ) разработаны, исследованы и защищены патентами конструкции радиальных и радиально-осевых шпиндельных опор с регуляторами втулке.

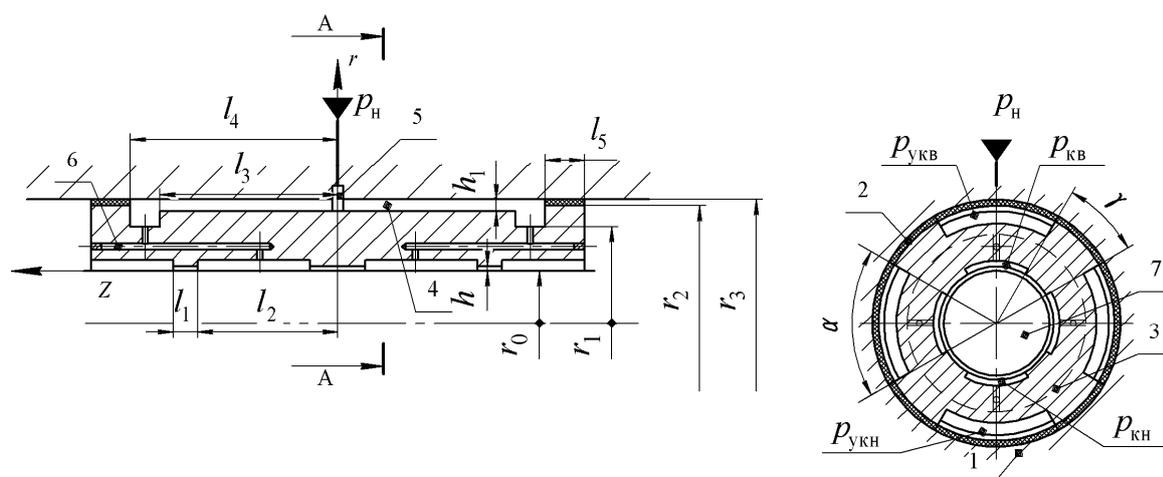


Рис. 1. Радиальная гидростатическая шпиндельная опора с активно подвижной втулкой и пассивным нагнетанием рабочей жидкости

На рис. 1 показана гидростатическая шпиндельная опора с активно подвижной втулкой и пассивным нагнетанием рабочей жидкости, которая имеет простое и технологичное техническое решение.

В корпусе 1 на упругом подвесе, выполненном в виде цельной тонкостенной эластомерной оболочки 2 с четырьмя большими вырезами, установлена втулка 3, имеющая на внутренней поверхности два ряда несущих карманов 8 по четыре в каждом ряду. Эластомерная оболочка упругого подвеса образует между внутренней поверхностью корпуса 1 и наружной поверхностью втулки 3 управляющие камеры 4, которые сообщаются с источником нагнетания рабочей жидкости (на рисунке не показан) через канал 5 и с несущими карманами – через каналы 6, выполненные во втулке 3. Втулка 3 охватывает опорную шейку шпинделя 7 с рабочим зазором h , образующим несущий слой опоры, и имеет возможность угловых микроперемещений в пределах этого зазора, а также радиальных микроперемещений в пределах радиальной деформации эластомерной оболочки.

При радиальном нагружении опоры шпиндель первоначально смещается в направлении действия внешней нагрузки и давление в нагружаемых несущих карманах возрастает, а в разгружаемых уменьшается. Аналогично перераспределяются давления в управляющих камерах. Для вторичного перемещения втулки противоположно внешней нагрузке необходимо, чтобы эффективная площадь управляющих камер существенно превышала эффективную площадь несущего слоя.

При консольном нагружении шпинделя происходит радиальное смещение и перекося его передней опорной шейки, вызывающее перераспределение давлений рабочей жидкости в несущих карманах из-за изменения щелевых дросселирующих сопротивлений, образованных торцевыми дросселирующими перемычками несущего слоя опоры. В результате возникает реактивный момент сил давления рабочей жидкости, под действием которого втулка занимает радиальное и угловое положение, соответствующее положению шейки шпинделя.

Исследование нагрузочных характеристик опоры проводили по математической модели, выражающей следующие зависимости:

1. Условие силового равновесия шпинделя определяли из формы записи сил и реакций смазочного слоя, возникающих от управляющих и несущих карманов.

2. Условие силового равновесия регулятора определяли аналогично условию для шпинделя, при этом учитывалась сила упругости эластомерной оболочки.

3. Условие баланса локальных по φ расходов смазки является частным случаем закона неразрывного потока смазки, условие баланса локальных расходов в дифференциальной форме составляется для каждой меж-

дроссельной щели. Значением дросселирующих щелей является функция распределения зазора по координате φ .

Таблица 1. Математическая модель для адаптивной опоры

№ п.п.	Уравнение	Физический смысл
1	$f = s_k p_{кв} - s_k p_{кн} = s_k (p_{кв} - p_{кн}),$ где $s_k = 2 \cdot r_0 \cdot l_2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$	Условие силового равновесия шпинделя
2	$-f_{упр} + (s_k - s_{ук})(p_{кв} + p_{кн}) = 0,$ где $s_{ук} = 2 \cdot l_3 \cdot r_1 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$ $f_{упр} = e_p / \frac{2 \cdot (1 + \mu) \cdot (1 - 2 \cdot \mu) \cdot (r_3 - r_2)}{(3 - 4 \cdot \mu) \cdot (4 \cdot \gamma \cdot n \cdot (l_2 - l_3) + \pi \cdot m \cdot l_1)} \cdot E,$ где $\mu = 0,005; m = 3; E = 0.34 - 1[\text{МПа}]; n = 2$	Условие силового равновесия регулятора
3	$q_{вгв} = 2 \cdot \int_0^{\frac{\pi}{4}} \frac{(p_{кн} - p_{кв}) \cdot (h_{10} - e_p \cdot \cos \varphi)^3 \cdot r_1 \cdot d\varphi}{12 \cdot \mu \cdot l_3}$ $q_{вгн} = 2 \cdot \int_{\frac{3\pi}{4}}^{\pi} \frac{(p_{кн} - p_{кв}) \cdot (h_{10} - e_p \cdot \cos \varphi)^3 \cdot r_1 \cdot d\varphi}{12 \cdot \mu \cdot l_3}$ $q_{прв} = 2 \cdot \int_0^{\frac{\pi}{4}} \frac{p_{кв} \cdot (h_0 + (e_p - e) \cdot \cos \varphi)^3 \cdot r_0 \cdot d\varphi}{12 \cdot \mu \cdot l_1}$ $q_{прн} = 2 \cdot \int_{\frac{3\pi}{4}}^{\pi} \frac{p_{кн} \cdot (h_0 + (e_p - e) \cdot \cos \varphi)^3 \cdot r_0 \cdot d\varphi}{12 \cdot \mu \cdot l_1}$ $q_{ок} = 2 \cdot \int_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{3\pi}{4}} \frac{(p_{кв} - p_{кн}) \cdot (h_0 + (e_p - e) \cdot \cos \varphi)^3 \cdot l_2 \cdot d\varphi}{12 \cdot \mu \cdot r_0}$	Условия баланса локальных по φ расходов смазки
4	$h = h_0 + (e_p - e) \cdot \cos \varphi, \quad h_1 = h_{10} - e_p \cdot \cos \varphi$	Значения дросселирующих щелей

Аналитически решить интегральные зависимости, входящие в систему уравнений, не представляется возможным, в связи с чем был составлен специальный алгоритм и написана программа (на языке Object Pascal в среде Delphi). Результатом стал график (рис. 2), где показана кривая нагрузочных характеристик опоры с эластомерной оболочкой. Показаны кривые распределений давлений в карманах верхнем 4 и нижнем 3, характер перемещений регулятора 2 и шпинделя 1.

Из графиков видно, что при нагрузках (до 15÷20 % от теоретического максимума, соответствующего относительному эксцентриситету шпинделя $e_{\max} = e / h_0 + h_{10}$) опора работает в режиме отрицательной податливости. При этом шпиндель смещается в область отрицательных эксцентриситетов.

тетов, т. е. противоположно действию нагрузки, до значений относительного эксцентриситета $e / h_0 = -(1,4 \div 1,5)$.

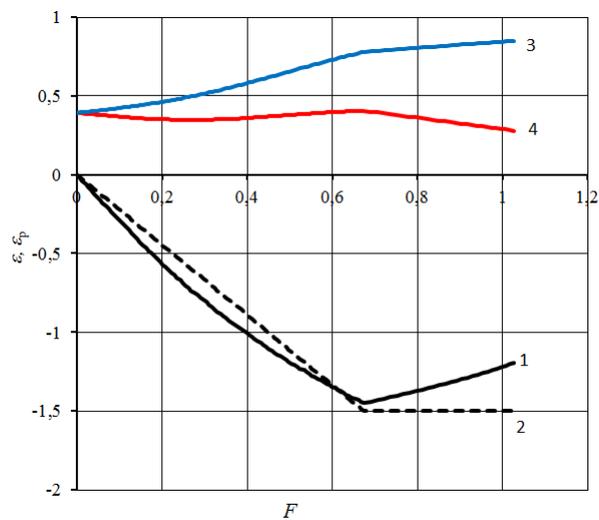


Рис. 2. Нагрузочные характеристики

Конструкция данной шпиндельной опоры обладает не плохими нагрузочными характеристиками, поэтому ее можно рекомендовать для дальнейшего более глубокого изучения.

Выводы:

Приведенная адаптивная гидростатическая шпиндельная опора с активно подвижной втулкой обладает широкими функциональными возможностями, в том числе:

- имеет сравнительно простую и технологичную конструкцию;
- может одновременно воспринимать радиальные, осевые и моментные (перекашивающие) нагрузки;
- имеет большую нагрузочную способность за счет самоустановки активно подвижной втулки относительно перекоса опорной шейки шпинделя при его консольном нагружении;
- дополнительное демпфирование в эластомерном подвесе активно подвижной втулки способствует улучшению динамических характеристик опоры, что существенно при высокой частоте вращения шпинделя.

Основным является проблема обеспечения стабильности реологических характеристик эластомерного подвеса активно подвижной втулки, особенно при использовании в качестве рабочей жидкости нефтяных минеральных масел. Однако в связи с разработкой высокоскоростных и шпинделей с гидростатическими опорами, работающими на воде, а также применением новых эластомерных материалов (например, силиконовых), появляется реальная возможность значительного уменьшения отмеченных

негативных факторов и обеспечения более высокой стабильности эластомерного подвеса.

Список литературы

1. Пикалов Я. Ю., Шатохин С. Н., Демин В. Г. Адаптивные бесконтактные опоры скольжения с плавающими регуляторами нагнетания смазки (гидростатические, аэростатические) для шпиндельных узлов и направляющих металлорежущих станков // Технология машиностроения. 2006. – № 9. – С. 29–33.

2. Пикалов Я. Ю., Шатохин С. Н. Конструкции и характеристики адаптивных гидростатических шпиндельных опор с плавающим регулятором нагнетания смазки // СТИН. 2006. – № 5.

3. Шатохин С. Н. Расчет и минимизация потерь мощности в гидростатических подшипниках // СТИН. 1989. – №9. – С. 16–19.

УДК 621.835.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМА СИЛОВОГО ЗАМЫКАНИЯ КУЛАЧКА С ПОМОЩЬЮ ПОДПРУЖИНЕННОГО РОЛИКА

А.С. Голованова

Научный руководитель Г.Н. Лимаренко

Сибирский федеральный университет

Волновые реечные модули (ВРМ) поступательного перемещения потенциально обладают высокими технико-экономическими характеристиками и имеют ряд преимуществ перед обычными поступательными модулями:

- неограниченную величину перемещения и высокую линейную скорость в сравнении с ШВП;
- высокую редукцию в сравнении с зубчатой реечной передачей (ЗРП);
- многопарность контакта в реечном зацеплении, способствующую повышению плавности поступательного движения в сравнении с ЗРП;
- конструктивную простоту механизма выбора зазоров в реечном зацеплении, исключающую применение сдвоенных кинематических цепей;
- удовлетворительные значения жесткости и КПД передачи, сопоставимые с ЗРП;

– возможность создания ВРМ с частичной герметизацией передаточного механизма, позволяющую создавать вводы движения в изолированное, в том числе агрессивное, пространство.

Перечисленные преимущества ВРМ свидетельствуют о перспективности ее освоения, как нового типа передаточного механизма для использования в современном машиностроении. Одним из основных элементов ВРМ является кулачковый механизм.

Чаще всего кулачковый механизм состоит из трех звеньев (рис. 1, а): кулачка 1, толкателя 2 и стойки 3. На рис. 1, б представлен четырехзвенный кулачковый механизм (четвертое звено – ролик 4).

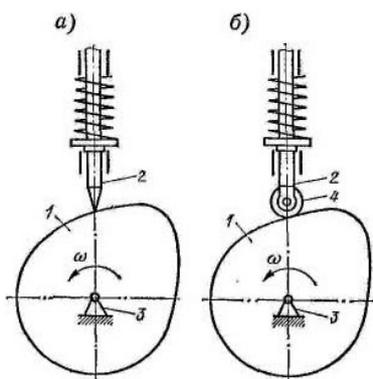


Рис. 1. Состав кулачкового механизма

На рис. 2 представлена схема пространственного (т. е. кулачок и толкатель перемещаются в непараллельных плоскостях) цилиндрического кулачкового механизма с профильным пазом на боковой поверхности.

Кроме износа звеньев недостатком кулачковых механизмов является необходимость обеспечивать постоянное соприкосновение (замыкание) между звеньями. В процессе работы кулачкового механизма могут возникать большие усилия, главным образом инерционные, направленные на отрыв рабочей поверхности толкателя от кулачка. Для восприятия этих усилий применяется либо геометрическое (кинематическое), либо силовое замыкание кинематической цепи.

Геометрическое (кинематическое) замыкание применено в представленном на рис. 2 и 3 механизме с пазовым кулачком. Толкатель движется поступательно. При вращении кулачка ролик толкателя соприкасается с боковыми сторонами паза, прорезанного на кулачке. Паз создает два рабочих профиля кулачка, которые перемещают ролик толкателя в обоих направлениях.

При силовом замыкании толкатель во всех положениях прижат к кулачку с силой, которая больше силы, стремящейся оторвать толкатель от кулачка, например силы инерции при смене знака ускорения толкателя. Замыкающая сила в подавляющем большинстве случаев создается пружи-

ной (рис. 1). Расчеты пружины показали, что при использовании подобной конструкции механизма увеличиваются его габариты.

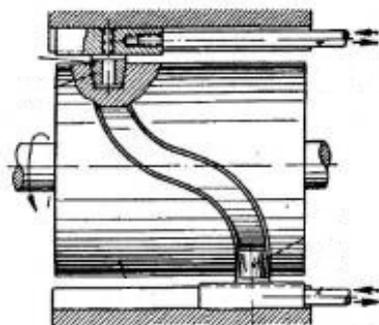


Рис. 2. Схема пространственного цилиндрического механизма

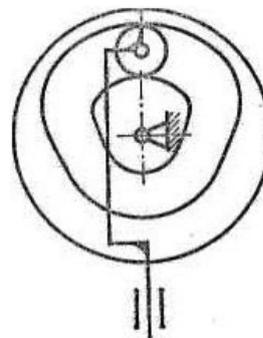


Рис. 3. Механизм с пазовым кулачком

В тех случаях, когда диаметральные размеры кулачка при повороте кулачкового вала изменяются в небольших пределах, силовое замыкание в механизме можно осуществить с помощью двух роликов и сжимающей плоской пружины. В приводе толкателя волнового реечного механизма диаметральные размеры кулачка изменяются в пределах от $-0,119$ до $+0,1893$ мм, (в сумме $0,308$ мм.) (рис. 4).

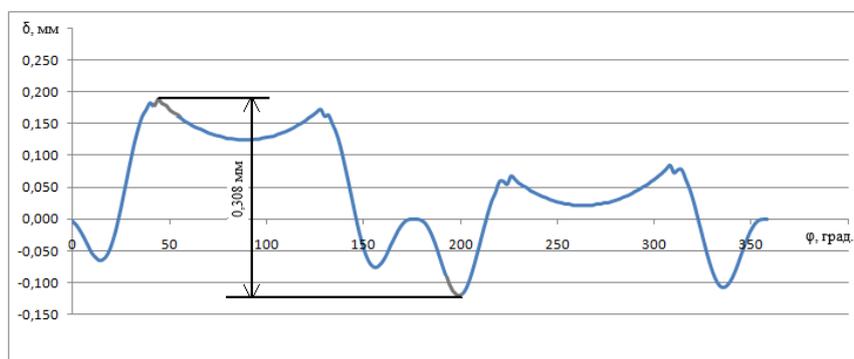


Рис. 4. График изменения диаметрального размера кулачка при его повороте на 360°

В связи с этим было предложено использовать схему двухроликово-го силового замыкания с плоской пружиной (рис. 5).

Была составлена расчетная схема пружины (рис. 6). Материалом пружины была выбрана пружинная сталь 50С2А с допустимым напряжением на изгиб $[\sigma]_{и} = 577$ МПа. При максимальной деформации $\delta_{max} = 0,15$ мм в зоне ускорения толкателя пружина должна обеспечить усилие прижима $F_{max} = 254,354$ Н. Этому должна соответствовать жесткость пружины $1695,69$ Н/мм.

Используя простой расчет на прогиб пружины при разных ее радиусах получили, что жесткость зависит от радиуса изгиба пружины R при

увеличении радиуса жесткость уменьшается. Чем меньше жесткость пружины, тем меньше колебания усилия на поджимном ролике.

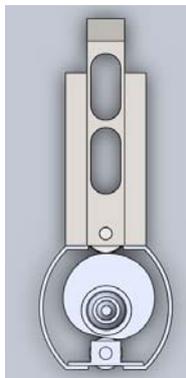


Рис. 5. Схема двухроликового силового замыкания в кулачковом механизме

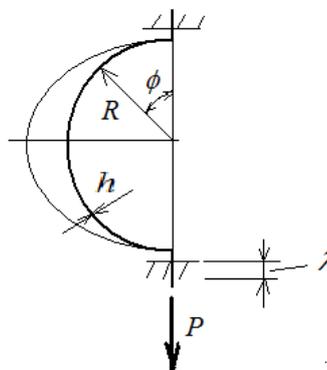


Рис. 6. Расчетная схема пружины

Ограничивая колебания усилия на поджимном ролике и допустимые значения радиуса R , исходя из принимаемых габаритов механизма, можно найти оптимальные значения параметров пружины:

- 1) усилие P уменьшается по мере снижения массы толкателя и увеличивается по мере увеличения скорости движения рейки (соответственно, и ускорения); скорость рейки – до 20...40 м/мин;
- 2) при шаге установленных толкателей в механизме 17,5 мм, ширину пружины можно принять $b = 16,5$ мм;
- 3) высота пружины $h = 1,5$ мм – величина расчетная по условию прочности на изгиб;
- 4) радиус изгиба пружины $R = 35 \dots 50$ мм;
- 5) расчетная жесткость пружины составила 3140,17 Н/мм;
- 6) колебание усилия на поджимном ролике при деформации пружины 0,308 мм – $\Delta P = 244,968 \pm 16$ Н.

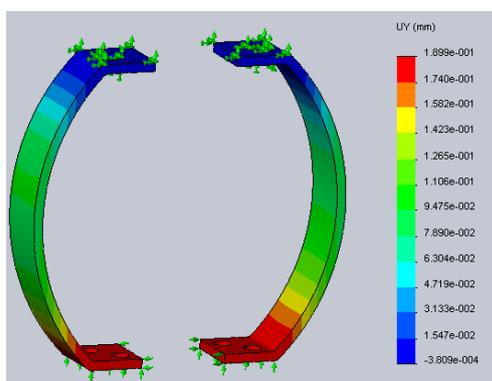


Рис. 7. Эпюра деформации пружины при растяжении

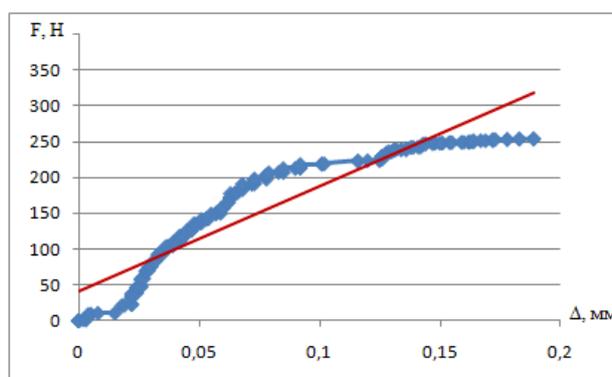


Рис. 8. График жесткости пружины

С помощью программы SolidWorks были выполнены исследования напряженно-деформированного состояния пружины при ее растяжении (рис. 7). На рис. 8 представлен график деформации пружины при приложении силы на второй ролик.

Выбранная пружина соответствует необходимым параметрам. Таким образом, предложенная схема двухроликового силового замыкания кулачкового механизма с плоской пружиной может быть использована в волновом реечном механизме.

УДК 621.91

РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СРЕДСТВ НА ПРИМЕРЕ СЕКТОРА АНТЕННЫ

Р.А. Гумбатов

Научный руководитель Я.Ю. Пикалов

Сибирский федеральный университет

Основной проблемой в создании технологических процессов (ТП) является выбор оптимального варианта. В качестве основного критерия при технологическом проектировании, как правило, выступает себестоимость изготовления детали.

При разработке ТП количество допустимых вариантов может быть очень большим (сотни и тысячи), поэтому задача оптимизации ТП является весьма трудоемкой и сложной. Технолог физически не может спроектировать такое количество вариантов. Поэтому технологическое проектирование носит субъективный характер, и качество разработанного ТП зависит от опыта и квалификации технолога, что в свою очередь влияет на прибыль предприятия.

Таким образом, разработка оптимальных ТП является актуальной проблемой для любого производства.

Оптимизации ТП может быть структурной и параметрической. Оптимизация на уровне маршрута и операции является структурной, так как связана в основном с выбором структуры процесса или операции, в то же время оптимизация на уровне перехода является параметрической, так как достигается путем варьирования параметрами перехода.

В качестве объекта исследования для проектирования оптимального ТП был выбран сектор разборной параболической антенны, выпускаемой ФГУП НПП «Радиосвязь» (рис. 1).

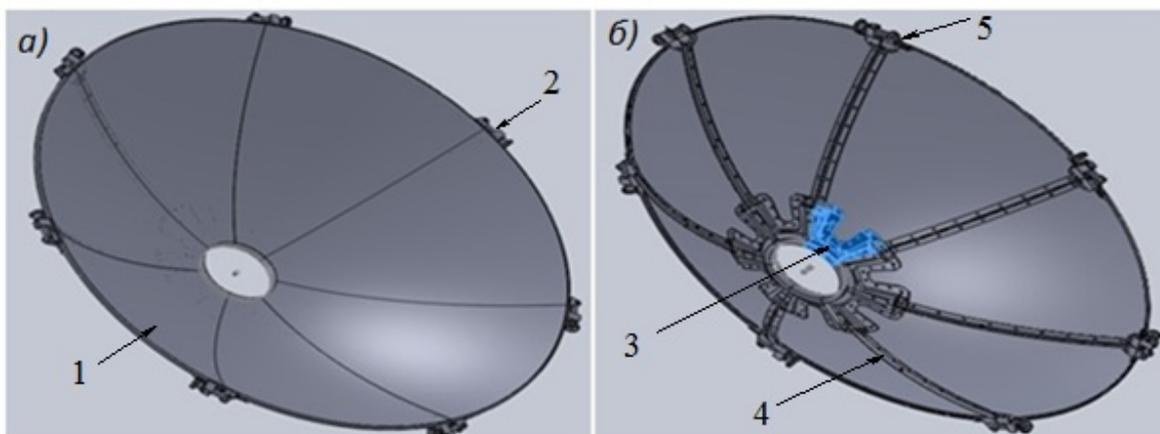


Рис. 1. Антенна, а – вид спереди; б – вид сзади

Диаметр тарелки составляет 693 мм. Антенна состоит из нескольких основных деталей: рефлекторы 1, кронштейны 2, сектора 3, ребра 4 и прокладки 5. Для анализа была выбрана наиболее сложная деталь – сектор (рис. 2), которая имеет параболическую поверхность и высокие требования к точности размеров.

Семь секторов в собранной антенне образуют основание, с помощью которого антенна закрепляется на несущей конструкции. К основанию крепится ребра жесткости и зеркала.

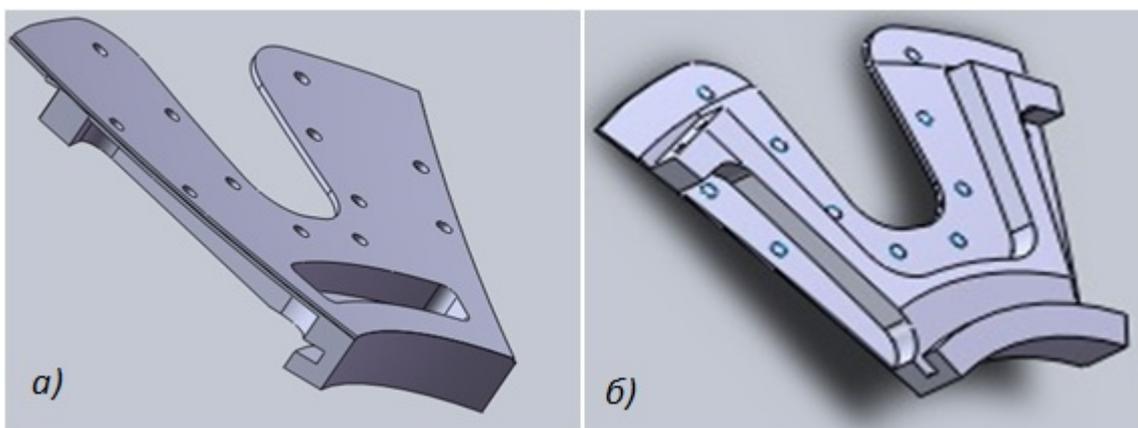


Рис. 2. Сектор, а – вид спереди; б – вид сзади

Основной целью является разработка оптимальных технологических процессов в условиях автоматизированного производства завода «Радиосвязь».

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- разработка нескольких вариантов ТП механической обработки сектора антенны;
- предварительный отбор наиболее жизненных вариантов;
- структурная и параметрическая оптимизация оставшихся вариантов ТП;

– окончательный выбор ТП по критериям минимальной себестоимости.

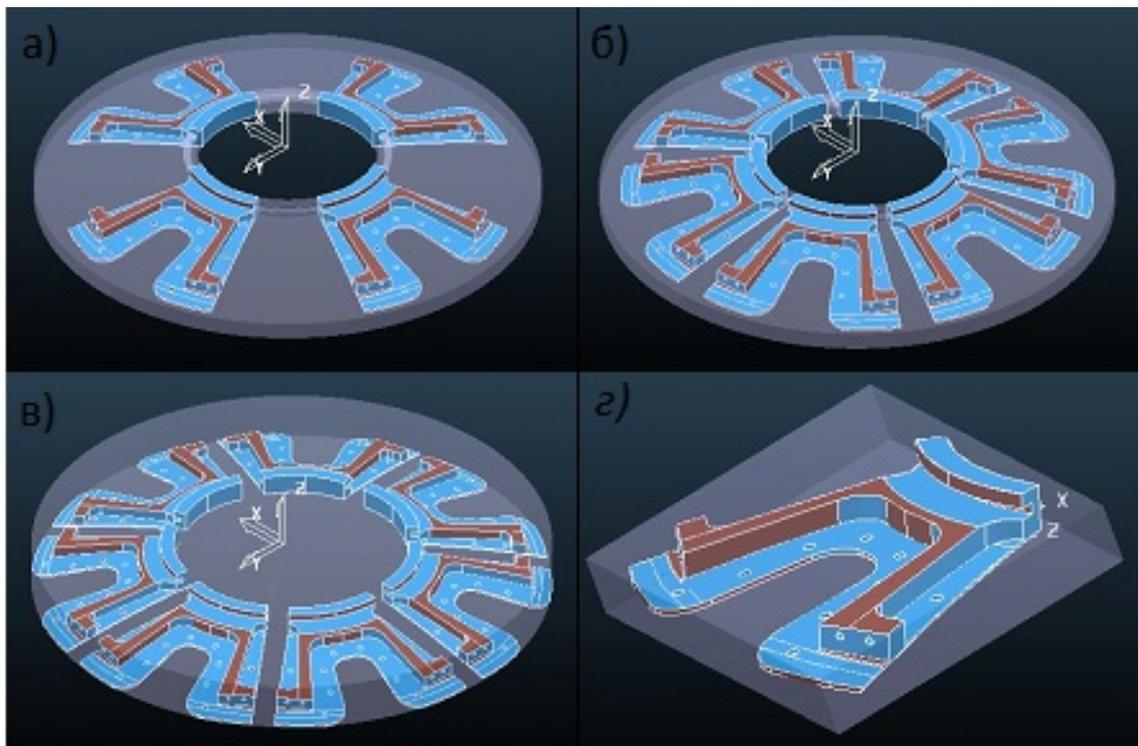


Рис. 3. Варианты исходной заготовки

а – для 4-х деталей; б – для 6 деталей; в – для 7 деталей; г – штучная заготовка

На рис. 3 представлены совмещенные модели заготовки и деталей. Вариант на рис. 3, а, является базовым. В этом варианте из дисковой заготовки после токарной обработки изготавливаются 4 детали на фрезерном станке. Достоинство этого варианта в легкости закрепления заготовки, недостатком является малый коэффициент использования материала.

Для проектируемых вариантов ТП, как и в предыдущем случае, используется дисковая заготовка (рисунок 1, б и в). Отличия заключаются в том, что из одной заготовки, в первом случае, получаются шесть деталей, а во втором – семь. Диаметр диска во втором случае увеличен, чтобы обеспечить необходимый промежуток между деталями для отделения их друг от друга с помощью концевой (далее «прорезной») фрезы. Недостатком ТП с заготовкой рис. 3, б является то, что не хватает еще одной детали для полного комплекта основания антенны. В варианте рис. 3, в возникает сложность в обеспечении точности формы внутренней параболической поверхности.

В последнем варианте рисунок 1, г используется штучная призматическая заготовка, для которой ТП полностью реализуется на фрезерном станке, что приводит к снижению эффективности обработки.

Для оптимизации параметров ТП были выбраны варианты с получением шести и семи деталей из одной дисковой заготовки.

Чтобы получить семь деталей из одной дисковой заготовки с минимальной погрешностью формы параболической поверхности, профиль параболы корректировали следующим образом:

1. Смещали начальную точку параболы на величину $X_{см}$ (рис. 4).

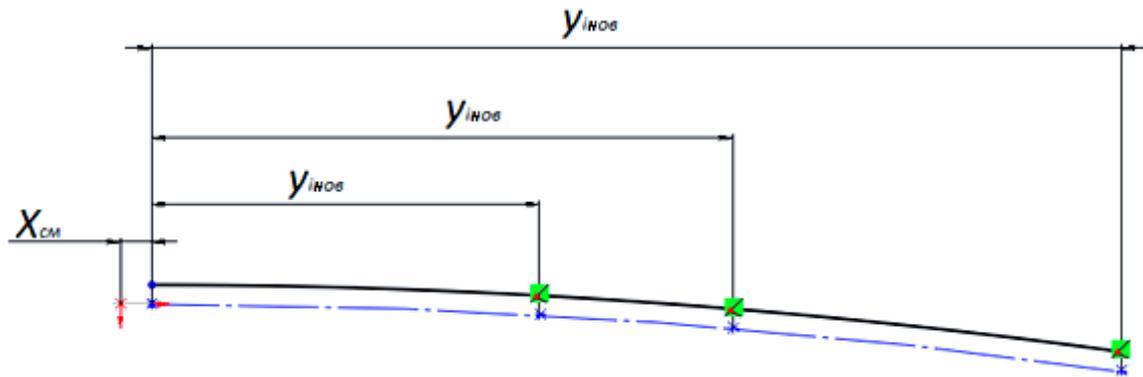


Рис. 4. Коррекция параболической поверхности

Расстояние для смещения центра параболы определяли по формуле:

$$X_{см} = \frac{r_{фр}}{\operatorname{tg}\alpha},$$

где $r_{фр}$ – радиус фрезы (рассматривались инструменты с $r_{фр} = 2, 3$ и 4 мм); α – угол сегмента ($51,43^\circ$)

2. Координаты опорных точек параболы изменяли по следующей зависимости:

$$Y_{инов} = \sqrt{r_{фр}^2 + y_i^2}.$$

3. Положение детали относительно центра дисковой заготовки корректировалось на величину:

$$X'_{см} = \frac{r_{фр}}{\sin\alpha}.$$

Для определения погрешности формы модели детали, полученной по скорректированному профилю, совмещали с базовым вариантом и рассматривали отклонения в 3-х наиболее опасных сечениях (рис. 5, а).

Анализ результатов исследования показал:

1. Возможность реализации ТП с использованием дисковой заготовки для получения семи деталей.

2. Наименьшей погрешностью формы обладает вариант с «прорезной» фрезой (фрезой для отделения деталей в дисковой заготовке друг от

друга) диаметром 4 мм. Тем не менее, необходимую точность способна обеспечить фреза с диаметров 8 мм.

3. Необходимость проведение дополнительных исследований с целью уточнения диаметра «прорезной» фрезы и окончательного выбора варианта технологического процесса (оптимизация по критерию минимальной себестоимости изготовления и оптимизация стратегии обработки изделия).

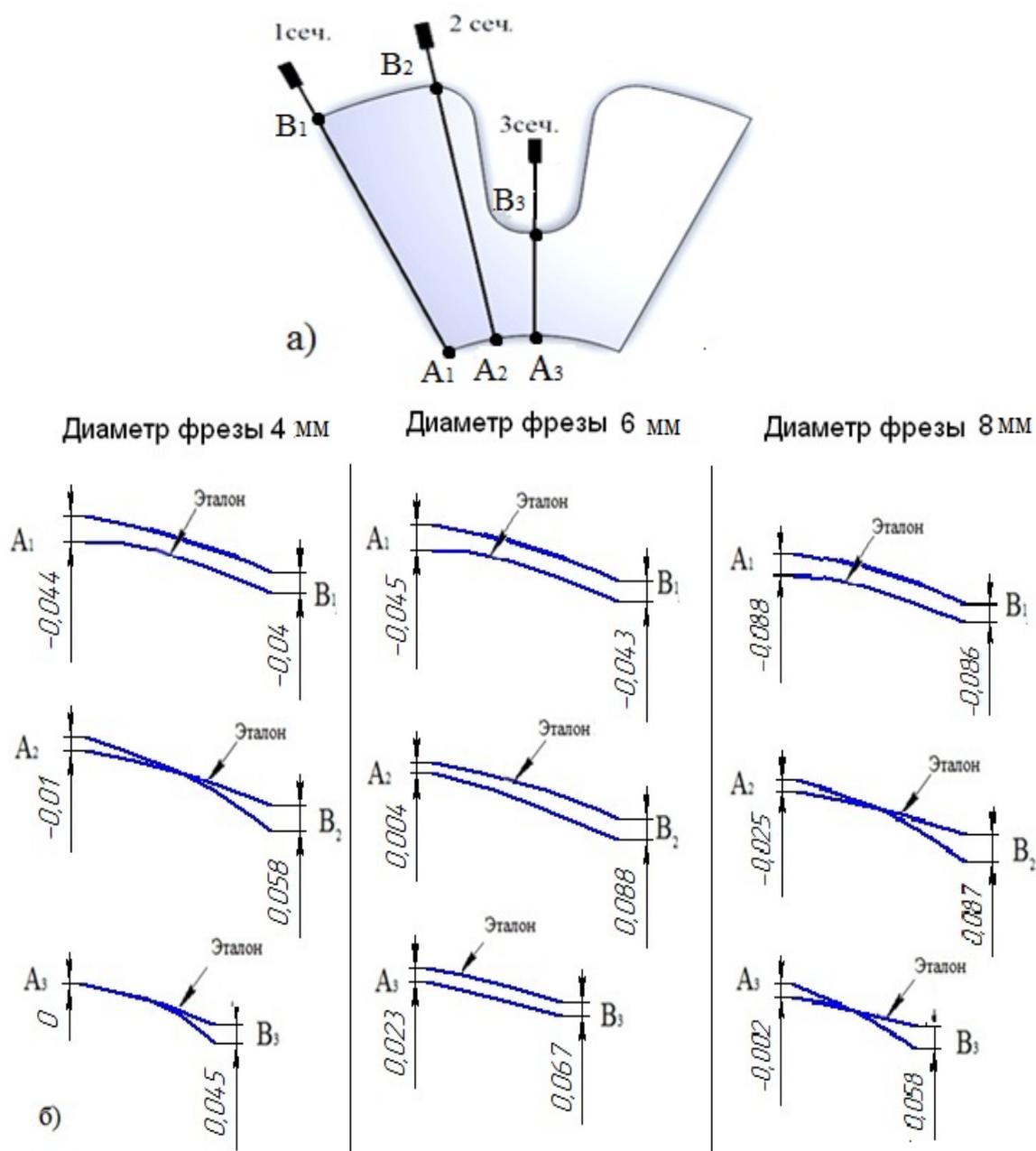


Рис. 5. Анализ погрешности формы исполнительной поверхности сектора а – рассматриваемые сечения; б – схематическое изображение погрешностей в 3-х сечениях для диаметра концевой фрезы 4, 6 и 8 мм.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА РЕЗУЛЬТАТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО АНАЛИЗА В КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОМ КОМПЛЕКСЕ ANSYS

Е.П. Захаров

Научный руководитель Н.А. Колбасина

Сибирский федеральный университет

В рамках дипломного проекта «Разработка методики решения электромагнитной задачи торцевого низкоскоростного синхронного генератора в программном комплексе ANSYS» был проведен анализ модели генератора, как объекта исследования, а также была разработана расчетная модель для решения электромагнитных задач.

Объектом исследования является торцевой низкоскоростной синхронный генератор электрического тока, который представляет из себя электрическую машину для выработки электроэнергии, основными особенностями которого являются:

- параллельное расположение друг относительно друга ротора и статора, взаимодействующие торцевыми частями;
- низкая частота вращения.

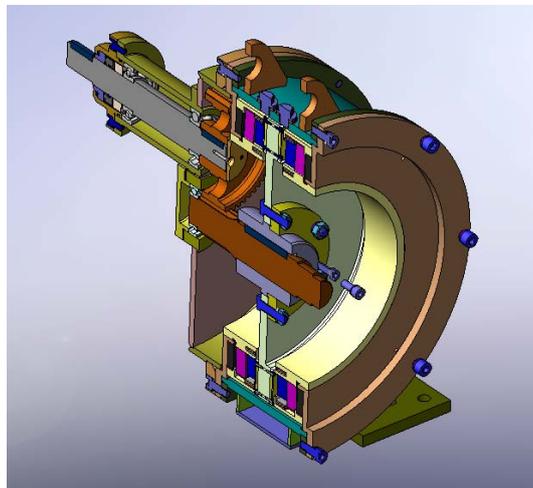


Рис. 1. Твёрдотельная модель НТСТГ в разрезе

Целью работы является исследование электромагнитного взаимодействия в паре ротор-статор и факторов, существенно влияющих на результаты.

Для выработки необходимой энергии, несмотря на маленькую скорость вращения, требуется большое количество пар полюсов магнитов.

Рассматриваемый нами генератор смонтирован в цилиндрическом корпусе на лапах, передняя крышка представляет собой подшипниковый щит, со-

единенный с корпусом входного вала генератора (см. рис. 1). Вал ротора и входной вал генератора взаимодействуют между собой посредством цилиндрической зубчатой передачи. Задняя крышка корпуса представляет собой типовой подшипниковый щит электрических машин. Данный генератор применяется на микро-ГЭС. Его мощность составляет 1 кВт.

Основными элементами генератора являются два статора, смонтированные в корпусе генератора, и ротор, связанный с валом машины. Базовым элементом статора является диск основания статора, на котором навиты катушки индуктивности. Основным элементом ротора является диск ротора, на котором закреплены постоянные магниты, закрытые наконечниками, свободная поверхность залита компаундом.

Для уменьшения размерности модели и так как магниты и катушки в плане имеют практически прямоугольную форму – данная задача решалась как плоская, ряд катушек и магнитов рассматривался в развернутом виде в среднем сечении.

Для электромагнитного расчета данного генератора были получены решения для ряда тестовых задач, чтобы убедиться в корректности взаимодействия элементов генератора, а также изучить влияние характеристик на расчетную модель и как следствие полученные результаты. Так было изучено взаимодействие магнита с металлом, магнита с магнитом, катушки индуктивности с металлом и магнитом, взаимодействие пары катушек индуктивности. Было исследовано влияние смещений и перекосов элементов, расположение полюсов на электромагнитные характеристики.

Взаимодействие магнита с металлом и магнитом отображено на рис. 2. Также было рассмотрено взаимодействие двух магнитов, где варьировалось смещение между ними, это можно видеть на рис. 3, и как результат эксперимента – полученные силы отображены в табл. 1. Изучено взаимодействие магнитов в зависимости от направления полюса магнита.

Было выявлено, что помимо осевых сил, в катушках возникают существенные силы взаимодействия между витками в катушке, а также между соседними катушками, что можно видеть на рис. 5.

Разработанная модель по своим параметрам как физическим, так и геометрическим соответствует исследуемому генератору, включая характеристики магнитов, катушек индуктивности и т. д. Построение модели было автоматизировано в среде ANSYS с помощью встроенного языка команд APDL. Полученный лог файл позволяет регулировать зазор между ротором и статором, варьировать параметры магнитов и катушек индуктивности (такие как геометрия, коэрцитивная сила магнита, ее направление; плотность тока, число витков, коэффициент заполнения, фаза тока в катушке). Полученные эпюры и электромагнитные характеристики как результат эксперимента предоставлены на рис. 7-10. Эпюры в векторном виде позволяют видеть не только числовое значение, но и направление век-

торов, что позволяет получить наглядную характеристику происходящих процессов.

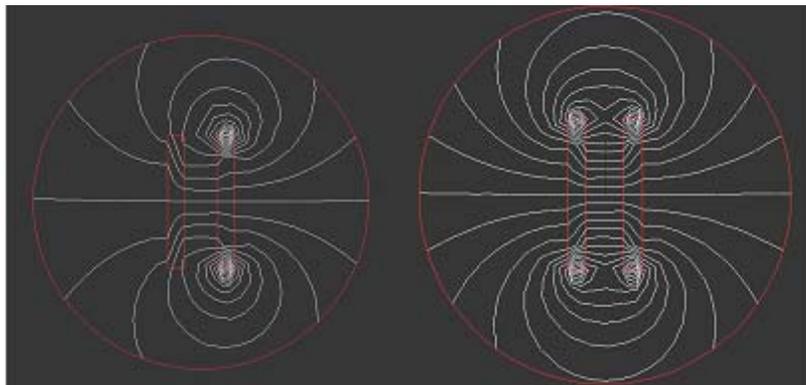


Рис. 2. Линии магнитной индукции при взаимодействии магнита с металлом и магнитом

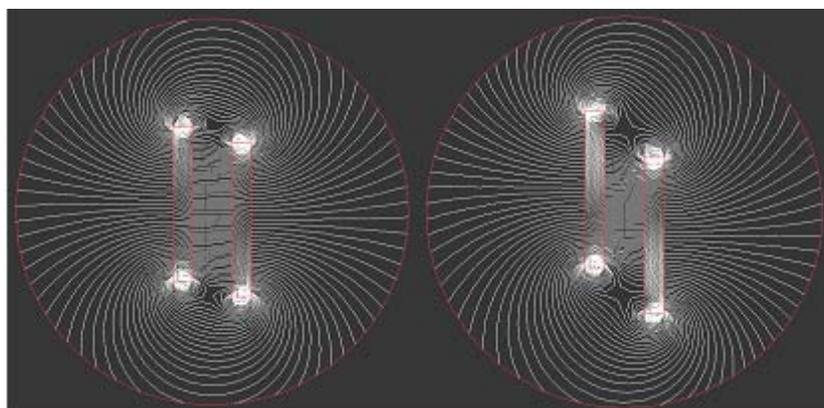


Рис. 3. Взаимодействие магнитов со смещением

Таблица 1. Зависимость электромагнитных сил от величины смещения

№	Смещение, мм	Компонент	Сила по X, Н	Сила по Y, Н
1	8	COM3ELAR	0.89316E-02	-0.17350E-02
2	16	COM3ELAR	0.70913E-02	-0.29026E-02
3	24	COM3ELAR	0.63514E-02	-0.44404E-02

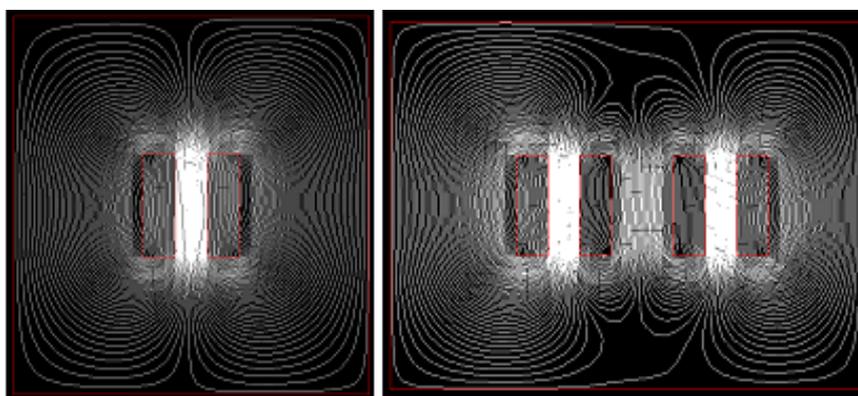


Рис. 4. Силы, действующие в проводниках одной катушки

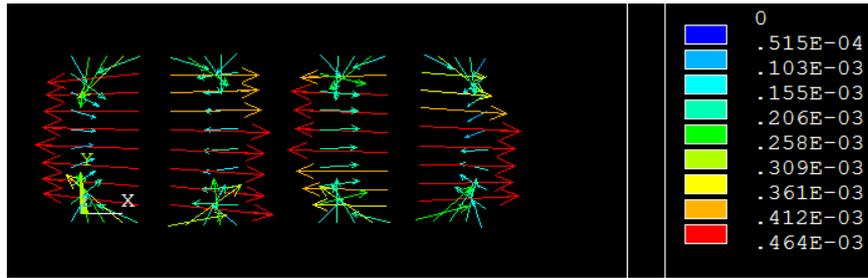


Рис. 5. Силы, действующие в проводниках двух катушек

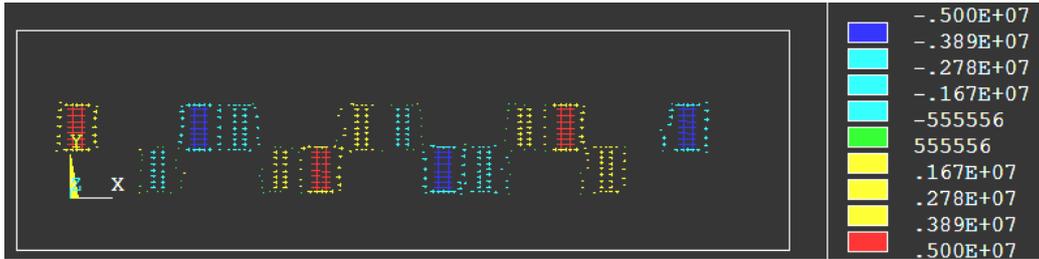


Рис. 6. Плотности тока на обмотках катушек индуктивности и фазы



Рис. 7. Векторный вид сил возникающих в модели

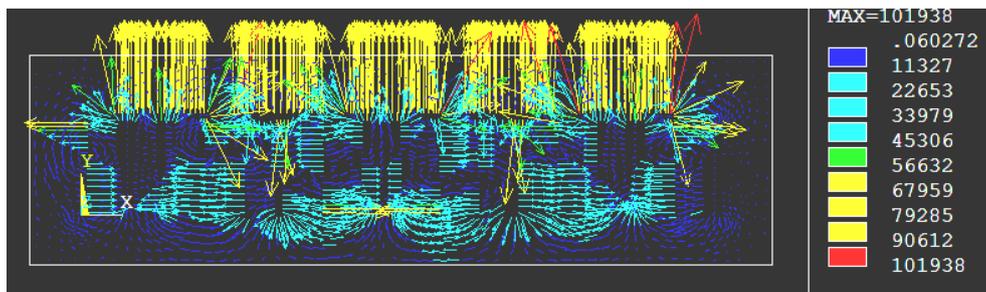


Рис. 8. Интенсивность магнитного поля в модели

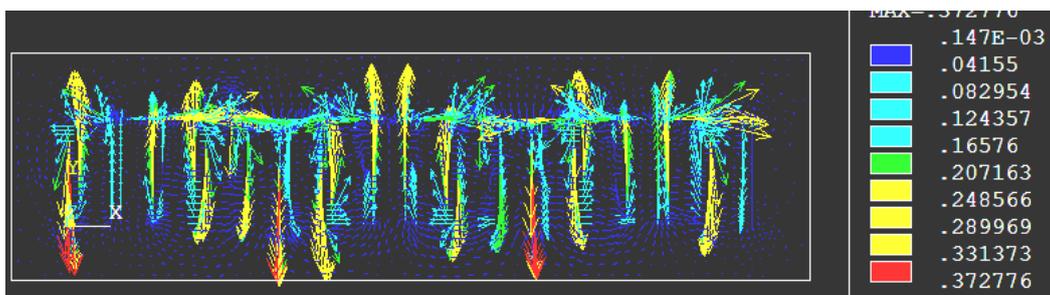


Рис. 9. Плотность магнитного поля в модели

Полученные характеристики магнитного поля приведены в табл. 2.

Таблица 2. Полученные электромагнитные характеристики

Характеристика	Min значения	Max значение
Плотность тока А/м ²	-5e6	5e6
Электромагнитная сила, Н	0,918	8,264
Плотность магн. поля, Вб	0,000147	0,372
Интенсивность магн. поля, Т	0,0602	101938

Таким образом, была разработана автоматизированная расчетная модель, позволяющая провести электромагнитный анализ взаимодействия катушек с магнитами генератора и определить электромагнитные силы, действующие в модели, а также значения плотности, интенсивности магнитного поля.

УДК 321.313 + 004.428

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПТИМИЗАЦИОННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ МУЛЬТИПЛИКАТОРА ДЛЯ МИКРОГЭС

В.В. Карпенко

Научный руководитель М.П. Головин

Сибирский федеральный университет

Реализация мультипликатора, как объекта автоматизации конструирования одного из основных компонентов торцевого синхронного генератора микроГЭС – это востребованная и довольно сложная задача в микрогидроэнергетике.

Проблема автоматизации заключается в том, что различные условия для работы микроГЭС заставляют пересматривать конструктивные варианты, которые не всегда являются наиболее дешевыми и легкими в изготовлении.

По конструктивному исполнению [1] генераторов их можно разделить на группы с мультипликатором и с прямым приводом от турбины. Первые версии генераторов из-за невысокой скорости реки оснащались мультипликатором, который мог существенно повысить стоимость конструкции. Варианты без мультипликатора более предпочтительны, так как имеют более дешевую и простую конструкцию, но имеют существенное ограничение на минимальную скорость реки – это 1,8 м/с, которая характерна для крутосклонных рек.

В целом мультипликатор (рис. 1) представляет собой цилиндрическую зубчатую передачу наружного зацепления, которая повышает скорость вращения ротора генератора и тем самым уменьшает число пар полюсов до величины приемлемых с позиций массогабаритных и стоимостных показателей, обеспечивая оптимальные характеристики генератора в целом.

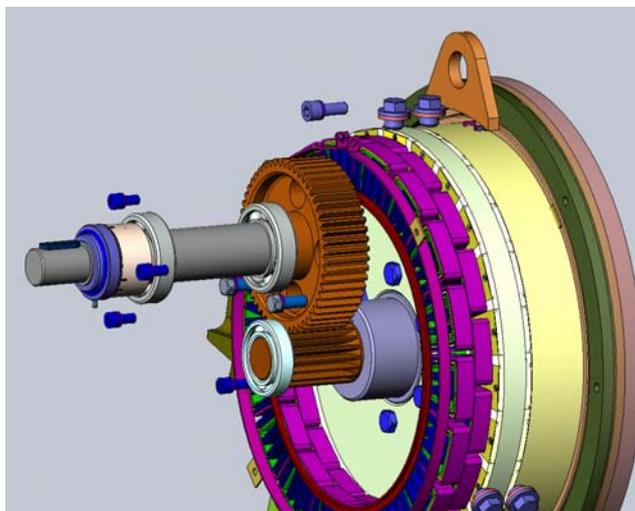


Рис. 1. Мультипликатор торцевого генератора

Поставленная задача реализована в рамках компьютерной среды поддержки жизненного цикла микроГЭС от синтеза параметров генератора и турбины до конструкторско-технологической подготовки производства. Автоматизация конструирования мультипликатора – одна из подсистем единой системы [2].

В статье приведена реализация автоматизированного проектирования мультипликатора, которая будет расширена блоком критериальной оптимизации.

Расчет параметров колес мультипликатора требует удовлетворения двух противоречивых условий: 1. Вписывания передачи во внутреннюю полость генератора. 2. Обеспечение прочности малого колеса в минимальном расстоянии от впадин до шпоночного паза, в связи с этим разработанная нами методика проектирования мультипликатора генератора, учитывающая особенности постановки задачи и отвечающая требованиям ГОСТ 21354-87 «Передачи зубчатые цилиндрические, эвольвентные, внешнего зацепления. Расчет на прочность».

Целью расчета зубчатой передачи в данном случае является определение максимального радиуса внутренней полости под мультипликатор (рис. 2) по критериям работоспособности зубчатой передачи и минимального радиуса внутренней полости по прочности обода шестерни в зоне шпоночного паза (рис. 3).

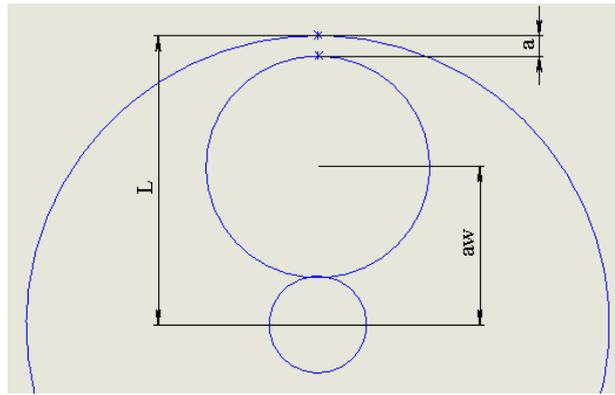


Рис. 2. Максимальный радиус внутренней полости под мультипликатор (L)

Необходимость проверочного расчета параметра L заключается в том, что данный параметр является ограничением на максимальные габариты зубчатых колес и в случае его превышения – такой вариант передачи отбрасывается.

Минимальный диаметр впадин определяется прочностью по впадине зуба (рис. 3) и, если результат неудовлетворительный – такой вариант отбрасывается.

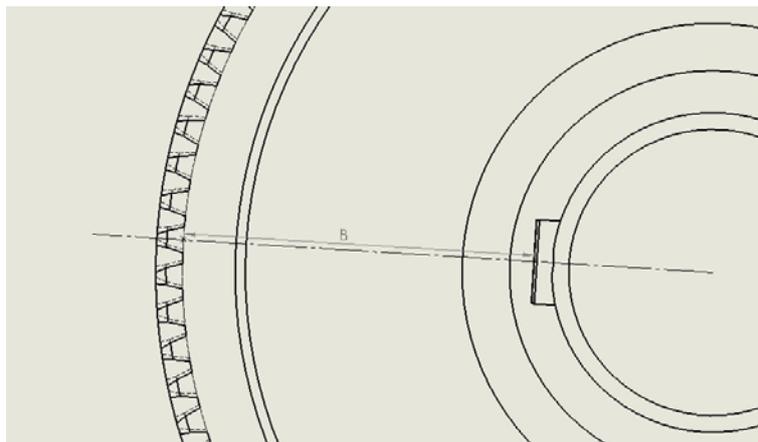


Рис. 3. Минимальный радиус внутренней полости по прочности обода шестерни (d_3)

Алгоритм состоит из 5 разделов: расчет кинематических и энергетических параметров, выбор материала и расчет допускаемых контактных напряжений при проектировании, расчет геометрических параметров передачи, расчет всех видов допускаемых напряжений, проверки зубчатых колес по всем видам работоспособности.

Алгоритм расчета представлен на рис. 4.

Входными параметрами при проектировании являются:

1. Мощность генератора (задается пользователем).
2. Частота вращения турбины (выходные данные из модуля по расчету турбины).

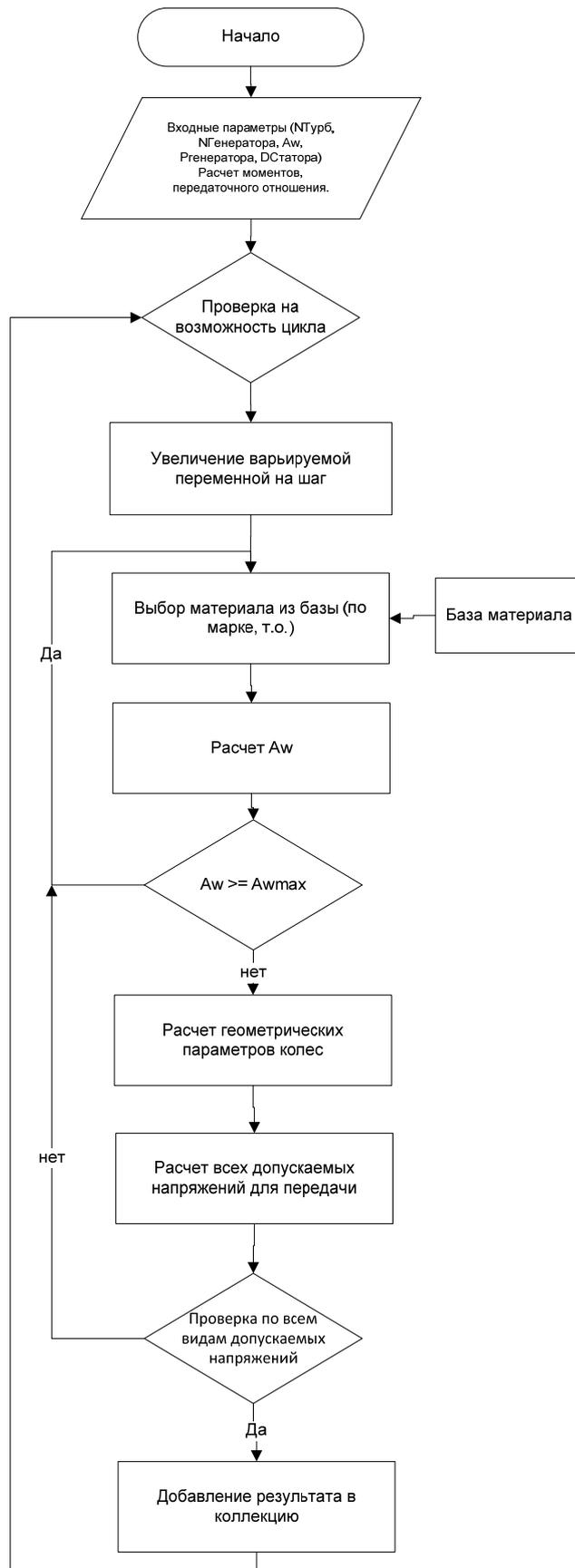


Рис. 4. Алгоритм работы программы

3. Максимальный диаметр генератора (задается пользователем).
4. Материал и термообработка (задается пользователем из БД).

Для формирования коллекции передач, которые можно использовать при оптимизации и конструировании, в алгоритм введены циклы перебора наиболее существенных параметров с дискретным шагом. Выбор типа цикла назначает пользователь в соответствии со спецификой решаемой задачи.

Передачи, не обеспечивающие работоспособность по любому из критериев, отбрасываются, а работоспособные передачи помещаются в коллекцию передач и экспортируются в таблицы Excel (рис. 5).

Для экспорта в таблицы Excel используются COM технологии, которые позволяют в процессе работы приложения добавлять результаты в виде дополнительных листов Excel, для аналитической и графической обработки результатов, при поиске оптимального решения. Оптимизационная модель проектирования мультипликатора реализована в виде целевой функции, критериальных ограничений алгоритма, но пока не реализована в программном виде.

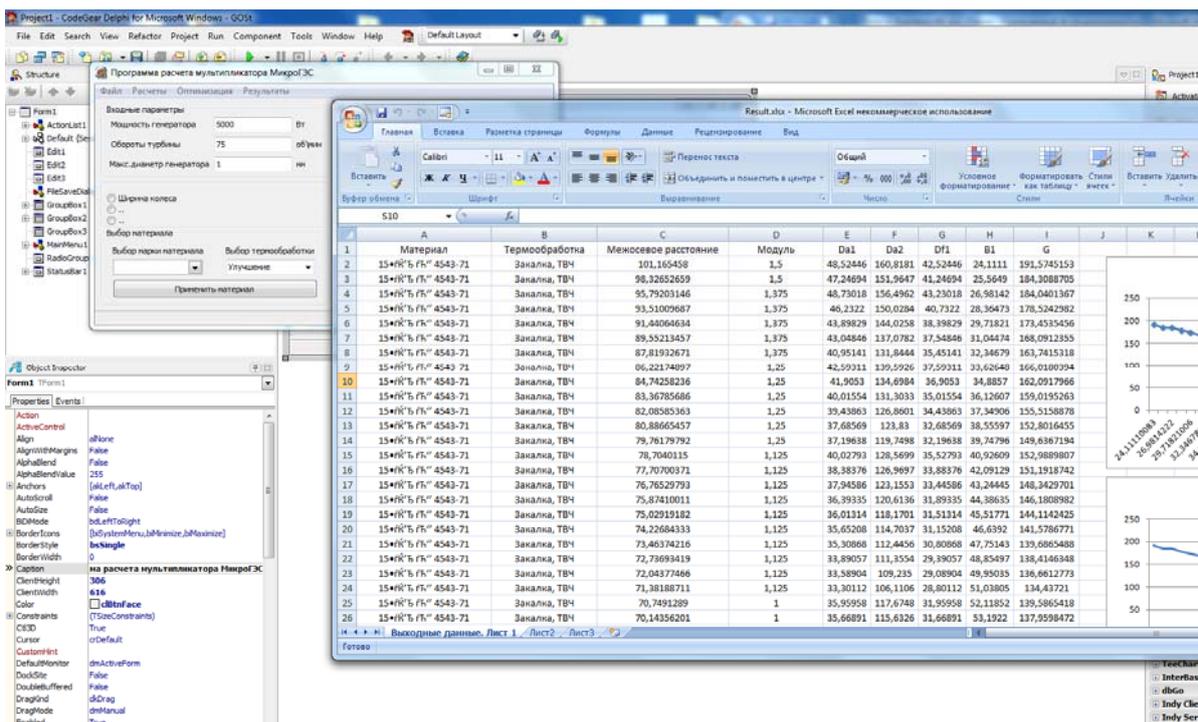


Рис. 5. Рабочий интерфейс программы с результатами расчета в Excel

Список литературы

1. Карпенко В.В., Карпенко Е.В. Анализ конструктивных вариантов низкоскоростных торцевых синхронных генераторов для МикроГЭС // Молодежь и наука: начало XXI века. Красноярск: СФУ, 2011 г.

2. Карпенко В.В. Подсистема конструирования статора генератора микроГЭС, свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011615698 / Карпенко В.В., Карпенко Е.В., Ощепков Е.А., 2011.

УДК 621.313.322

ПОСТРОЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ АКТИВНОЙ ЧАСТИ ТОРЦЕВОГО ГЕНЕРАТОРА В СРЕДЕ ANSYS

Е.В. Карпенко

Научный руководитель Н.А. Колбасина

Сибирский федеральный университет

Исследовательская работа выполняется в рамках проекта усовершенствования конструкции торцевого генератора, рассматриваются пути повышения работоспособности конструкции. Основными элементами запатентованной конструкции генератора являются статор, смонтированный в корпусе генератора, и ротор, связанный с входным валом машины [1]. Ротор выполнен в виде диска, на котором закреплены постоянные магниты, закрытые полюсными наконечниками, свободная поверхность залита компаундом. Диск ротора соединен ступицей с валом ротора.

Величина воздушного зазора между ротором и статором непостоянна по окружности генератора. В зоне минимального зазора сила тяжения между ротором и статором возрастает, что приводит к увеличению изгибных деформаций диска ротора и дополнительному возрастанию силы тяжения. Неравномерное распределение силы тяжения по окружности приводит к смещению равнодействующей сил тяжения и появлению момента, изгибающего вал ротора генератора. Этот изгибающий момент от неравномерности сил тяжения создает дополнительную нагрузку на подшипниковых опорах и снижает их ресурс. Цель исследования – повышение работоспособности конструкции генератора с заданными характеристиками.

Для достижения поставленной цели решено использовать метод конечных элементов, реализованный в программном комплексе ANSYS. На основе модели одноблочного генератора с одним ротором и двумя статорами разработана расчетная модель для генератора, состоящего из двух блоков, расположенных на одной оси с двумя роторами и четырьмя статорами. Поскольку существенны только деформации вала с роторами, статоры в модели не учитываются (рис. 1).

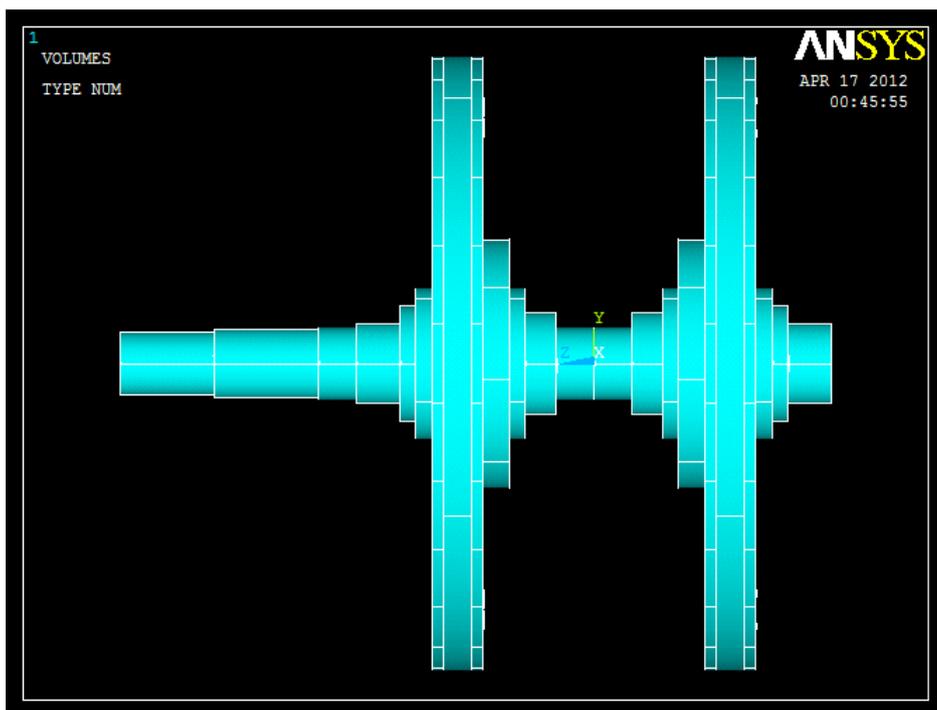


Рис. 1. Расчетная модель

Для проведения расчёта и построения упорядоченной сетки модель ротора упрощена за счёт конструктивных элементов, не оказывающих влияние на его напряженно-деформированное состояние.

Решение типичной для ANSYS задачи включает следующие этапы:

1. Определение типа элемента, характеристик элемента и материала.
2. Создание геометрической модели средствами МКЭ ANSYS.
3. Создание сетки конечных элементов.
4. Приложение нагрузок и закреплений.
5. Выполнение расчета.
6. Просмотр результатов.

На построение конечно-элементной модели уходит больше времени, чем на выполнение любой другой части анализа, поэтому рассмотрим ее создание подробнее.

Расчетная модель одноблочного генератора (рис. 2) включает в себя ротор, ступицу и вал. Для построения сетки каждая деталь разбивается на геометрически простые фигуры для последующего создания конечно-элементной сетки. Такое усложнение необходимо для точной подгонки узлов деталей и соответственно более точного решения.

Статор целенаправленно исключен из конечно-элементной модели по ряду причин без нарушения достоверности результатов:

– симметричное расположение статоров между диском ротора приводит к компенсации сил тяжения, действующих со стороны диска ротора в направлении оси вала;

– в конструкции отсутствуют силы, способные привести к существенной деформации статора;

– статор крепится к корпусу генератора независимо от остальных деталей конструкции и, следовательно, не влияет на величину прогиба вала.

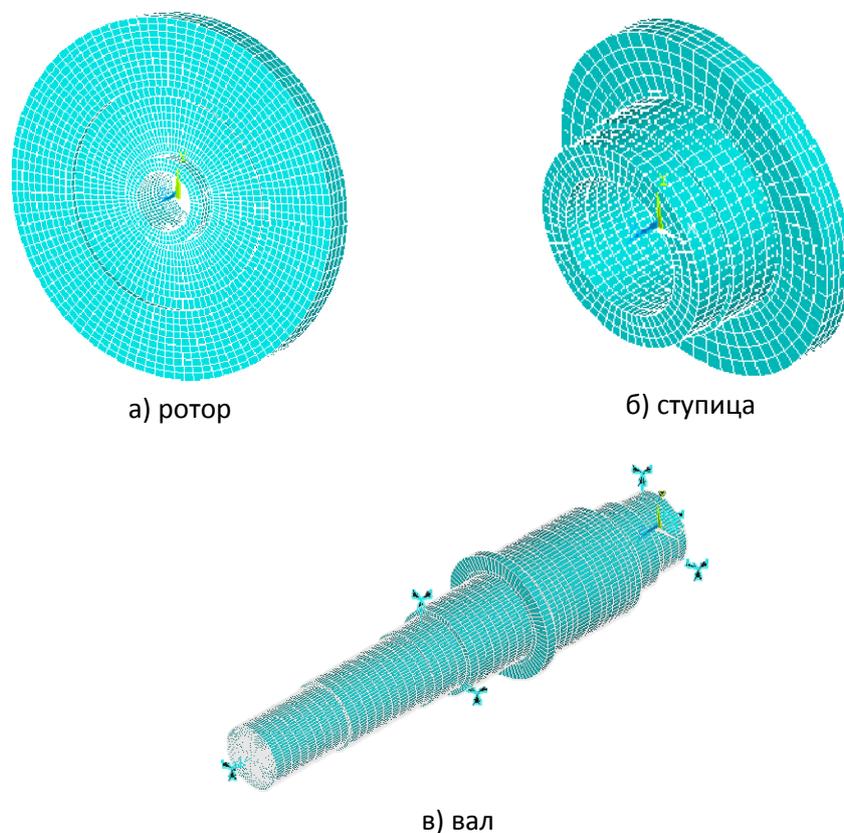


Рис. 2. Детали расчетной конструкции

Действие статора на диски ротора моделируется действием силы тяжения.

Выведена зависимость силы тяжения от величины воздушного технологического зазора между ротором и статором [3]:

Для холостого хода: $F_{\text{тяж}} = 800x^2 - 2880x + 3974$.

Для работы под нагрузкой: $F_{\text{тяж}} = 994,25x^2 - 3190,6x + 3983,5$, где $F_{\text{тяж}}$ – сила притягивающая ротор к статору, Н; x – величина воздушного зазора по среднему диаметру магнитов, мм.

Площадкой нагружения силой будет вся поверхность магнитов, причём в один момент времени притягивается (работает) каждый второй магнит.

В рассматриваемой конструкции генератора, присутствуют следующие типы граничных условий: запрет в осевом перемещении и гибкая заделка в радиальном направлении в местах посадки подшипников.

Моделирование посадки вала на подшипниковых опорах разбивается на три граничных условия: запрет на перемещение вала в осевых направлениях, гибкая заделка в радиальном направлении и разрешение вращения вала вокруг собственной оси.

На рис. 3 показаны суммарные перемещения дисков роторов при действии силы тяжения. Максимальные перемещения достигают 17 мм, что не допустимо для работы системы, а результаты требуют уточнения.

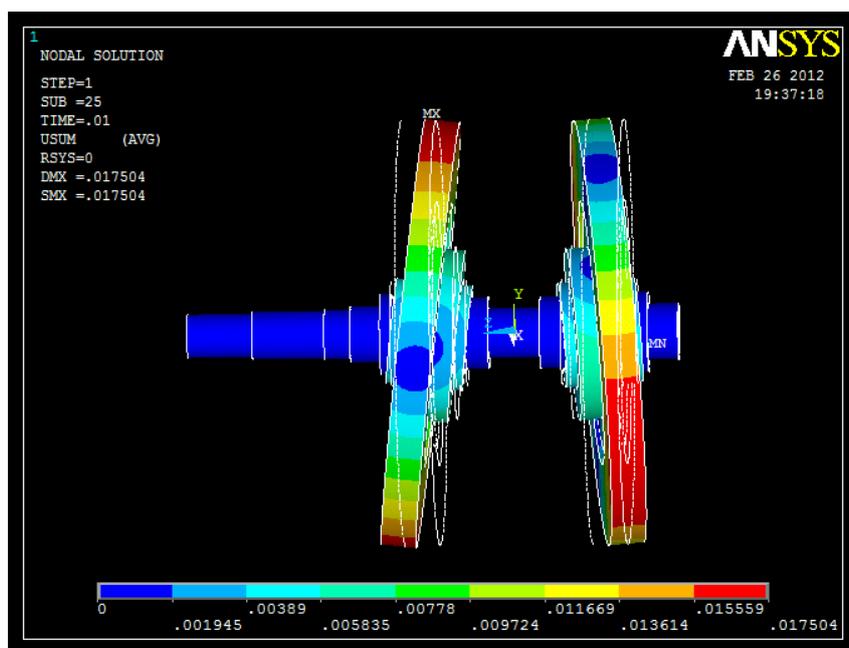


Рис. 3. Суммарные перемещения

Автоматизированное построение геометрической модели и приложение нагрузок и ограничений достигается путем использования параметрического языка APDL[2]. В загрузочном LOG-файле в качестве входных параметров задаются базовые размеры и количество элементов в сетке.

Список литературы

1. Патент 2246168 Российская Федерация, МПК7 Н 02 К 21/24 / Торцевая электрическая машина / А.Л. Встовский, М.П. Головин и др.; заявитель и патентообладатель Краснояр. гос. техн. ун-т. – № 2003123588/09; заявл. 24.07.03; опубл. 10.02.05, Бюл. №2. – 6 с.: ил.
2. Басов, К.А. ANSYS в примерах и задачах / К.А. Басов; под общей ред. Д.Г. Красковского. – М.: КомпьютерПресс, 2002. – С. 224.
3. Федий, К.С. Анализ и расчет синхронных машин с возбуждением от постоянных магнитов / К.С. Федий, А.Л. Встовский // Оптимизация режимов работы электротехнических систем. Межвузовский сборник научных трудов. – Красноярск ИПЦ КГТУ. – 2006 г.

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО ПРЕДЛОЖЕНИЯ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО МНОГОЦЕЛЕВОГО СТАНКА С ЧПУ

Э.И. Лепп, С.А. Ведрова, И.А. Бойцов
Научные руководители Г.Н. Лимаренко, Е.А. Спирин
Сибирский федеральный университет

Реальное проектирование конструкций механомов и машин в учебном процессе является одним из основных путей подготовки специалистов, способных создавать конкурентоспособные изделия, шаг за шагом поднимать страну до уровня передовых держав. В инженерном образовании крайне важно, чтобы обучающийся смог реализовать и увидеть плоды своего труда в процессе создания и внедрения в производство новой продукции, решать задачи оптимизации конструкции и технологии при освоении опытных образцов изделий. Перспективными объектами для реального проектирования в СФУ являются многоцелевые дерево- и металлообрабатывающие центры с ЧПУ, как наукоемкие изделия, при создании которых требуются современные знания в областях машиноведения, станкостроения, широкорегулируемого электропривода, гидро- и пневмопривода, компьютерного моделирования и анализа конструкций, программирования и др.

В Красноярском крае развита лесная и деревообрабатывающая промышленность преимущественно на стадии вырубki лесного массива и его первичной переработки. Для более глубокой переработки древесины необходимо создавать предприятия, в которых могут найти применение современные высокоавтоматизированные станки и комплексы, в том числе деревообрабатывающие центры с числовым программным управлением.

Целью настоящей работы являлась разработка технического предложения на проектирование деревообрабатывающего многоцелевого станка с ЧПУ, удовлетворяющего следующим требованиям:

1. Обеспечение необходимой точности обработки (0,01 мм).
2. Компактность (масса – не более 1 т, максимально допустимые габаритные размеры станка – 3500x2000x1800).
3. Сравнительно недорогие комплектующие изделия отечественного и зарубежного производства.
4. Возможность обработки кроме древесины также цветных материалов (алюминий, медь, латунь и т. д), композитных материалов и различных видов пластиков.
5. Расчетный ресурс механизмов и узлов станка – не менее 50000 ч.

7. Коэффициент стандартизации и унификации элементов конструкции не менее 40 %;

8. Возможность модификации рабочего пространства при обработке различных изделий.

Задачи, решаемые в ходе проектирования:

1. Анализ и выбор принципиальной схемы станка.
2. Расчёт режимов резания и определение требований к приводам.
3. Анализ и выбор стандартных комплектующих изделий для использования в станке.
4. Проектирование твердотельных моделей узлов станка.
5. Конечно – элементный анализ с последующей оптимизацией конструкций.

Разработка технического предложения на станок выполнялась методом корпоративного проектирования с распределением задач между участниками работы, а также с использованием PDM-системы Лоцман.

Сделав обзор возможных принципиальных схем обрабатывающих центров было выделено две наиболее распространенные схемы исполнения:

1. бесконсольная двухстоечная схема;
2. консольная – вертикальная схема.

Так как рабочая область проектируемого станка имеет довольно большую площадь 4.1 м^2 ($2500 \text{ мм} \times 1700 \text{ мм}$), была выбрана принципиальная схема с двумя стойками (рис. 1), обеспечивающая большую жесткость при меньшей металлоемкости. Вместе с этим было решено разместить органы перемещения по оси Z (перпендикулярно поверхности рабочего стола) на рабочем органе (далее РО).

Перемещение РО по оси Y реализовано путем установки шариковой винтовой передачи вдоль перекладины портала.

Ниже приведена компоновочная схема станка (рис. 1).

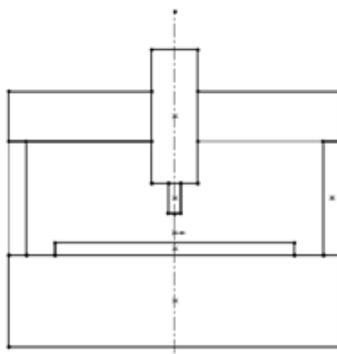


Рис. 1. Бесконсольная двухстоечная схема

Для дальнейшей разработки модели станка и выбора комплектующих, необходимо было рассчитать максимальные силы резания, скорости движения и мощности. Результаты расчета приведены ниже (табл. 1).

Таблица 1. Результаты расчета режимов резания

Максимальное значение мощности главного привода, кВт	7,5
Диапазон частот вращения шпинделя,	0...18000
Диапазон скоростей подачи, мм/мин	5...20000
Макс. значение усилия подачи, кН	2
Дискретность перемещения, мм	0,01

После анализа конструкций, предоставляемых отечественными и зарубежными производителями, были спроектированы следующие сборочные единицы (твердотельные модели) станка:

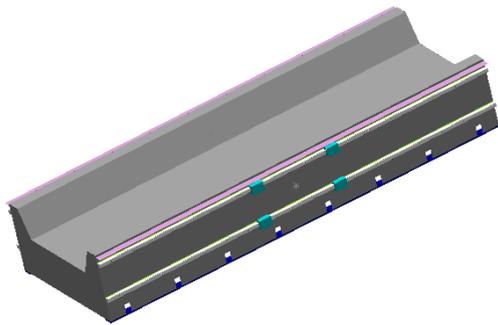


Рис. 2. Модель основания

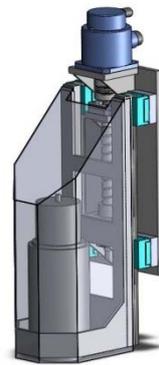


Рис. 3. Модель рабочего органа

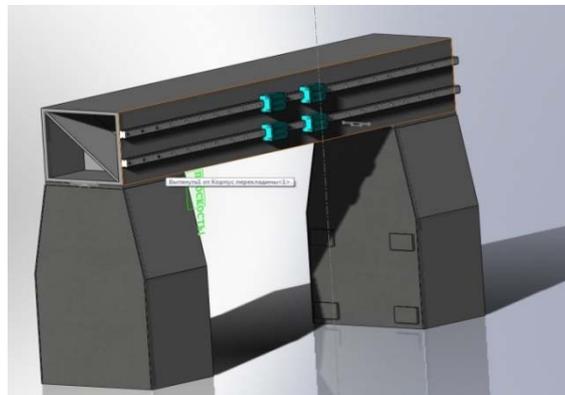


Рис. 4. Модель портала

Все несущие конструкции станка были выполнены в основном из листового проката толщиной 4 мм. При проектировании твердотельных моделей был применен итерационный подход. Ниже (рис. 5, 6, 7) приведены результаты исследований деформаций несущих элементов под действующими нагрузками, в конечно – элементной среде ANSYS Workbench.

При оптимизации конструкции, было решено придерживаться следующих принципов:

- уменьшение металлоемкости;
- сохранение необходимой жесткости;

- придание конструкции хорошего внешнего вида;
- уменьшение габаритных размеров.

Исследования показали, что максимальная деформация на основании в нагруженном состоянии составляет 33,15 микрона, на рабочем органе 9,75 микрона, на модели портала 8,6 микрон.

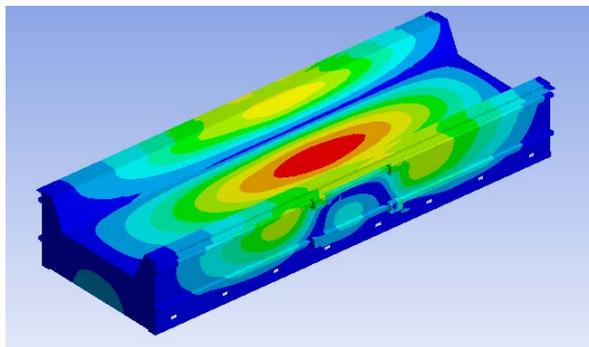


Рис. 5. Диаграмма перемещений под действием действующих нагрузок на основание

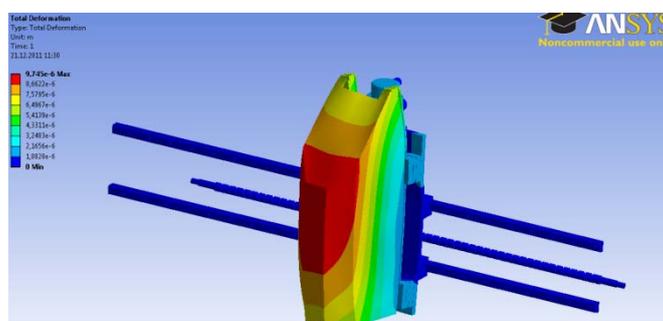


Рис. 6. Диаграмма перемещений под действием действующих нагрузок на рабочий орган

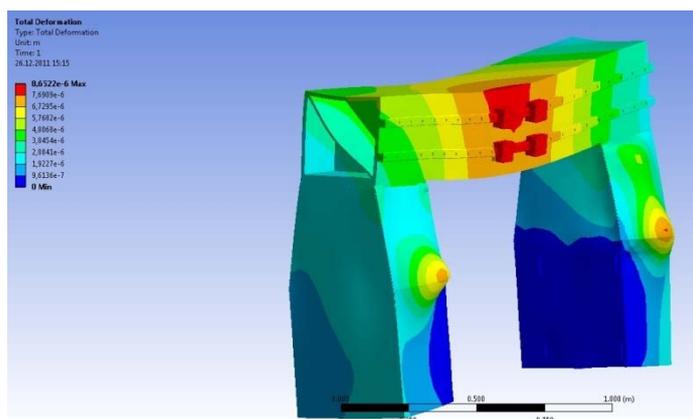


Рис. 7. Диаграмма перемещений под действием приложенных нагрузок на портал

Спроектированный станок (рис. 8) состоит из следующих элементов:

- 1 – основание;
- 2 – направляющие ТНК по оси X;
- 3 – портал;
- 4 – направляющие ТНК по оси Y;
- 5 – привод оси Y;
- 6 – плита – привод по оси Z;
- 7 – корпус рабочего органа;
- 8 – мотор-шпиндель

На основании устанавливаются различные варианты столов для крепления обрабатываемых изделий (не показаны).

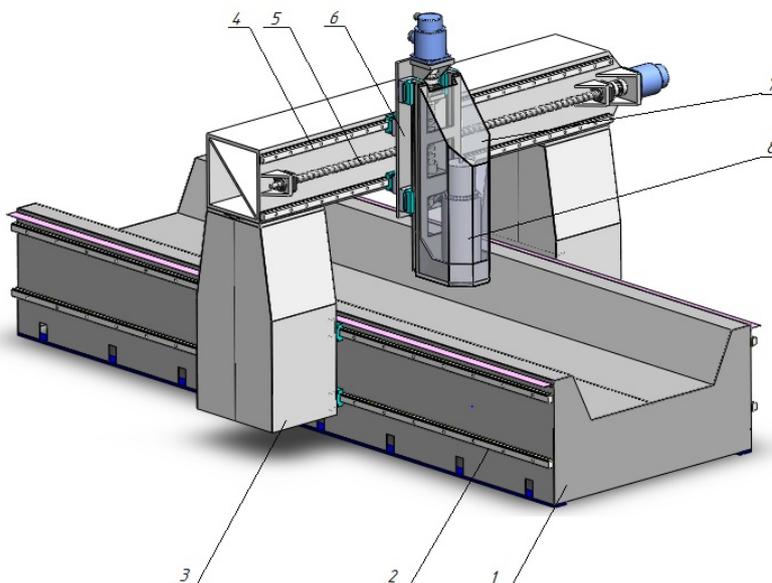


Рис. 8. Модель деревообрабатывающего многоцелевого станка с ЧПУ

Результатом работы на стадии технического предложения стала твердотельная модель деревообрабатывающего многоцелевого станка с числовым программным управлением. В станке использован мотор-шпиндель мощностью 7,5 кВт с частотой вращения $0 \dots 18000 \text{ мин}^{-1}$, ШВП по координатам Y и Z, приводимые в движение серводвигателями с датчиками обратной связи, современные направляющие качения. Привод перемещения портала по координате X намечено выполнить с помощью разрабатываемых двух волновых реечных модулей с аналогичными серводвигателями. Станок удовлетворяет требованиям, указанным в техническом задании, и позволяет разработать по его моделям конструкторскую документацию на этапе технического проекта.

МАШИНОСТРОЕНИЕ: ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАШИНЫ, ГИДРОПРИВОДЫ И ГИДРО-ПНЕВМОАВТОМАТИКА

УДК 62-82

ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИВОДНОГО ДВИГАТЕЛЯ НА ДИНАМИКУ ГИДРОПРИВОДА ЛЕСОПОГРУЗЧИКА

Е.А. Мандраков
Научный руководитель А.А. Никитин
Сибирский федеральный университет

Динамическая математическая модель движения стрелы и поворотного основания челюстного лесопогрузчика перекидного типа ЛТ-188 позволяет на стадии проектирования определить влияние различных факторов на характер движения навесного оборудования, а также выбрать оптимальные значения параметров привода.

При подъеме груза из положения набора в положение разгрузки на первой половине траектории движения груза вращающий момент гидроцилиндров подъема стрелы больше суммарного момента сил тяжести, приложенных к стреле, челюсти с грузом, гидроцилиндрам челюсти и стрелы относительно шарнира А основания, а вращающий момент гидроцилиндров поворота основания со стрелой меньше суммарного момента сил тяжести, приложенных к поворотному основанию, стреле, челюсти с грузом, гидроцилиндрам челюсти, стрелы и поворотного основания относительно шарнира D рамы, закрепленной на базовой машине. Поэтому сначала происходит подъем стрелы относительно точки А, а затем поворот основания вместе со стрелой относительно точки D (рис. 1).

Для расчета математической модели на ЭВМ ее нужно записать в форме Коши:

$$\frac{d\varphi_{cm.}}{dt} = \omega_{cm.}$$

$$\frac{d\omega_{cm.}}{dt} = \frac{1}{J_{np.cm.}} \cdot \left(M_{ГЦ.cm.} - M_{Gcc.} - \frac{\omega_{cm.}^2}{2} \cdot \frac{dJ_{np.cm.}}{d\varphi_{cm.}} \right)$$

$$\frac{dp_{1cm.}}{dt} = \frac{E_{ж1}}{W_{1cm.} + 2 \cdot S_{1cm.} \cdot y_{n.cm.}} \cdot (Q_0 - Q_{y.cm.} - Q_{к.cm.} - Q_{1cm.})$$

$$\frac{dp_{2cm.}}{dt} = \frac{E_{ж2}}{W_{2cm.} - 2 \cdot S_{2cm.} \cdot y_{n.cm.}} \cdot (Q_{2cm.} - Q_{сл.cm.})$$

$$\frac{d\varphi_{осн.}}{dt} = \omega_{осн.}$$

$$\frac{d\omega_{осн.}}{dt} = \frac{1}{J_{np.осн.}} \cdot \left(M_{ГЦ.осн.} - M_{Gooc.} - \frac{\omega_{осн.}^2}{2} \cdot \frac{dJ_{np.осн.}}{d\varphi_{осн.}} \right)$$

$$\frac{dp_{1осн.}}{dt} = \frac{E_{ж1}}{W_{1осн.} + 2 \cdot S_{1осн.} \cdot y_{n.осн.}} \cdot (Q_0 - Q_{y.осн.} - Q_{к.осн.} - Q_{1осн.})$$

$$\frac{dp_{2осн.}}{dt} = \frac{E_{ж2}}{W_{2осн.} - 2 \cdot S_{2осн.} \cdot y_{n.осн.}} \cdot (Q_{2осн.} - Q_{сл.осн.})$$

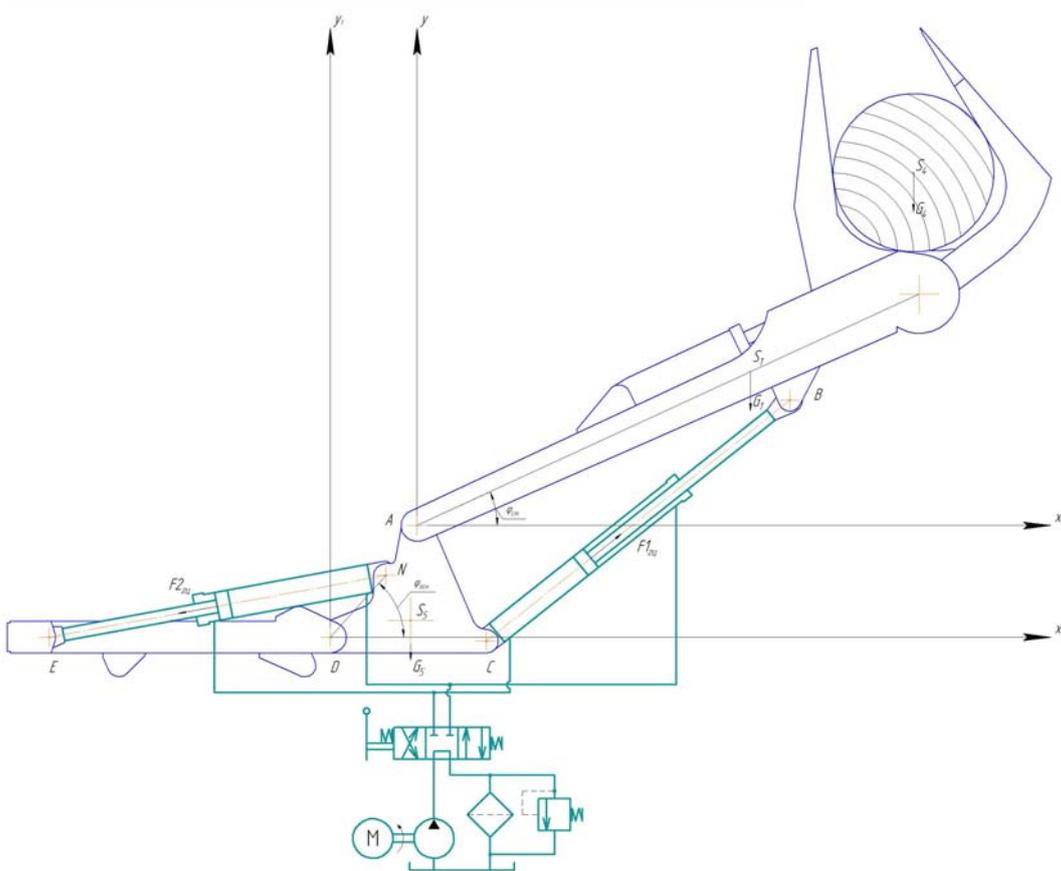


Рис. 1. Модель стрелы и поворотного основания челюстного лесопогрузчика перекидного типа ЛТ-188

Полученная математическая модель позволяет исследовать влияние характеристики приводного двигателя на динамику гидропривода лесопогрузчика.

Уравнение баланса моментов на валу двигателя запишем в виде:

$$M_{дв} - M_n = J \frac{d\omega}{dt}.$$

Так как момент инерции большой, а изменение угловой скорости мало, то вместо уравнения динамики можно использовать статическую характеристику двигателя:

$$M_{дв}(\omega_{дв}) = M_{дв.ном} + \frac{M_{дв.мах} - M_{дв.ном}}{\omega_{Мдв.ном} - \omega_{Мдв.мах}} (\omega_{дв.ном} - \omega_{дв}).$$

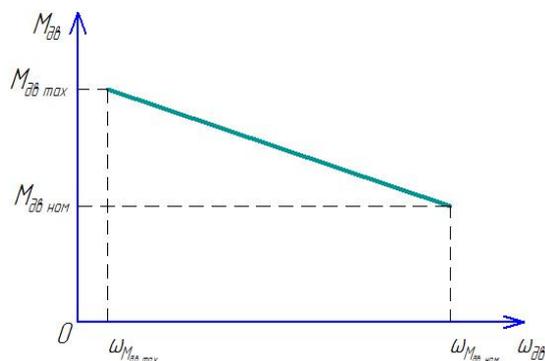


Рис. 2. Зависимость крутящего момента на валу двигателя от угловой скорости: $M_{дв.мах}$ - максимальный крутящий момент на валу двигателя; $M_{дв.ном}$ - номинальный крутящий момент на валу двигателя; $\omega_{Мдв.мах}$ - угловая скорость при максимальном моменте на валу двигателя; $\omega_{Мдв.ном}$ - угловая скорость при номинальном моменте на валу двигателя

Крутящий момент на валу насоса является нагрузкой для двигателя. Изменение давления приводит к изменению момента на валу насоса, что приводит к изменению угловой скорости вала двигателя:

$$M_n(p_n) = \frac{q \cdot (p_n - p_{сл})}{2 \cdot \pi \cdot \eta_c}.$$

При передаточном числе $i = 1$ угловая скорость вала насоса равна угловой скорости вала приводящего двигателя:

$$\omega_n = \omega_{дв},$$

$$M_n = M_{дв}.$$

Для исследования влияния характеристик приводного двигателя, сравним две модели: с постоянной угловой скоростью вала двигателя и насоса соответственно

$$\begin{aligned}\omega_n &= \omega_{\text{дв}} = \text{const}, \\ M_n &= M_{\text{дв}} = \text{const}\end{aligned}$$

и переменной

$$\begin{aligned}\omega_n &= \omega_{\text{дв}} = \text{var}, \\ M_n &= M_{\text{дв}} = \text{var}.\end{aligned}$$

Так как угловая скорость вала насоса зависит от угловой скорости вала двигателя, то и подача насоса тоже будет зависеть от них:

-постоянная подача насоса

$$\begin{aligned}\omega_n &= \omega_{\text{дв}} = \text{const}, \\ Q_0 &= \text{const};\end{aligned}$$

-переменная подача насоса

$$\begin{aligned}\omega_n &= \omega_{\text{дв}} = f(p_n), \\ Q_0 &= f(p_n).\end{aligned}$$

Давление на выходе из насоса зависит от давления в гидроцилиндрах и потерь в гидрелиниях между насосом и гидроцилиндрами, которые в свою очередь зависят от угла и скорости поднятия стрелы и поворота основания. Изменение давления приводит к изменению угловой скорости вала насоса и подачи соответственно. Для определения расхода через переливной клапан используется его статическая характеристика

На рис. 3 приведены результаты расчетов движения стрелы и поворотного основания, выполненные при постоянной угловой скорости вращения вала насоса и переменной. Из рис. 3 видно, что закон изменения угловой скорости вала насоса существенно влияет на изменение параметров:

- графики изменения угла подъема стрелы и поворота основания, как и при постоянной угловой скорости вала приводного двигателя, также возрастают почти по линейному закону, но имеют более крутую зависимость;

- угловая скорость движения стрелы и основания имеет большие значения, чем их значения без учета переменной угловой скорости вращения вала двигателя;

- давление в напорных полостях гидроцилиндров подъема стрелы меньше, а в напорных полостях поворота основания больше, чем их значения при постоянной угловой скорости вала приводного двигателя;

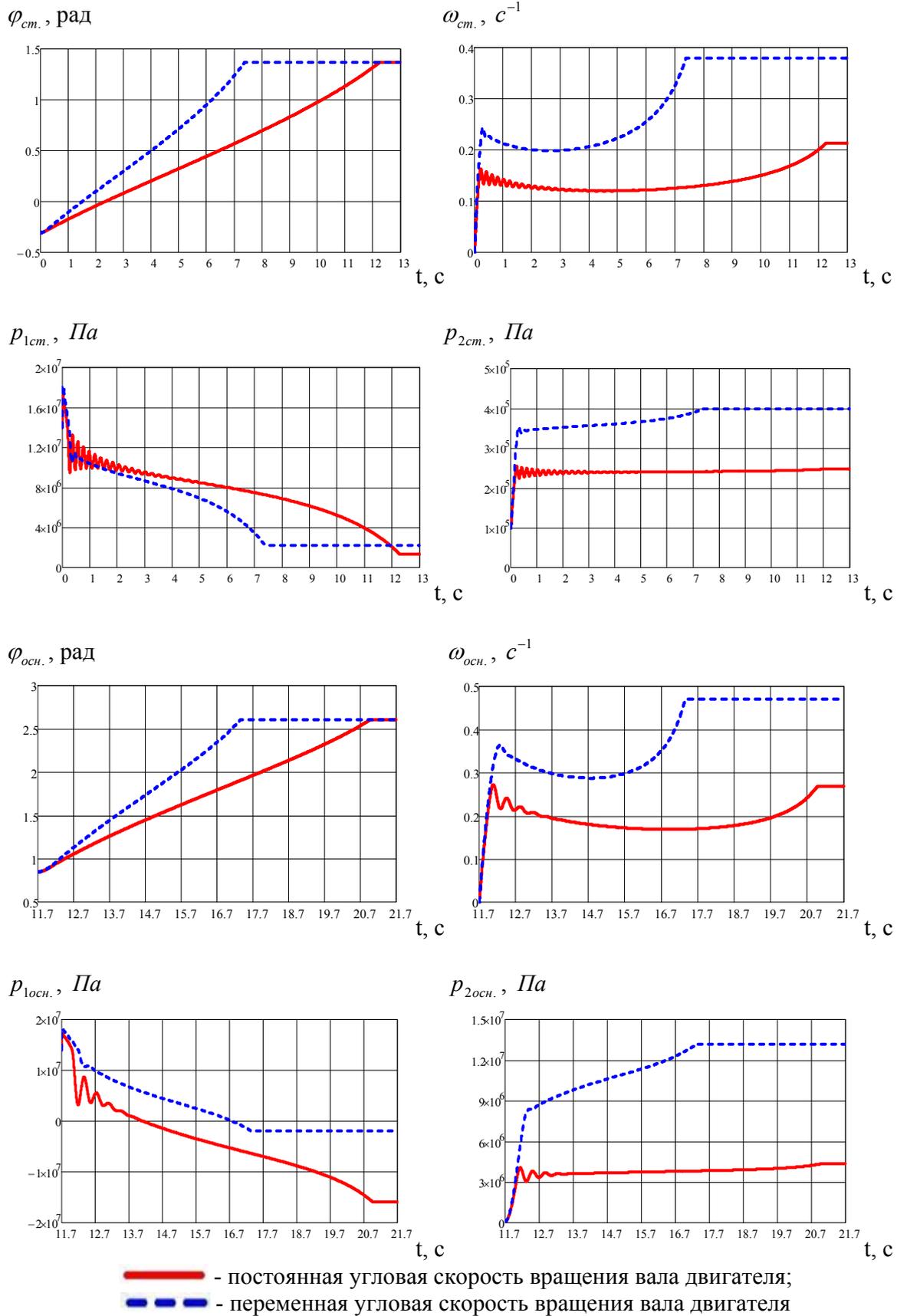


Рис. 3. Влияние характеристики приводного двигателя на динамику гидропривода лесопогрузчика

- давление в сливных полостях гидроцилиндров подъема стрелы и поворота основания имеет большие значения, чем без учета переменной угловой скорости вращения вала двигателя.

На основании полученных результатов можно сделать вывод: при исследовании движения стрелы и поворотного основания в математической модели необходимо учитывать изменение угловой скорости вала приводного двигателя.

УДК 621.867.7

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ПРИВОД ДЛЯ АВТОМОБИЛЯ ПОВЫШЕННОЙ ПРОХОДИМОСТИ ДЛЯ СОРЕВНОВАНИЙ ПО "ТРОФИ - РЕЙДАМ"

М.А. Титов

Научный руководитель Е.А. Сорокин
Сибирский федеральный университет

В настоящее время автоспорт приобретает все большую популярность во всем мире и наша страна не исключение. Ежегодно проводятся различные международные соревнования, в которых Россия принимает активное участие, например, ралли-марафон «Дакар».

Особый интерес представляет новый вид автоспорта – трофи-рейд, смысл которого в преодолении бездорожья обычно на полноприводных автомобилях (внедорожниках), специальных внедорожных мотоциклах, квадроциклах. Как правило, в трофи-рейдах, в отличие от автогонок, скорость прохождения маршрута не так важна – необходимо просто уложиться в зачетное время. Важнее успешно пройти все спецучастки и выполнить задания всех соревновательных этапов.

В этой связи в Сибирском федеральном университете был организован центр автотоспорта основной целью которого является интеграция научно-технической деятельности студентов и преподавателей СФУ в научных исследованиях, экспериментальных установках, а также развитии автотоспорта. В рамках одного из направлений деятельности Центра реализуется проект, целью которого является разработка автомобиля повышенной проходимости в соответствии с требованиями Российской автомобильной федерации (РАФ) для участия в соревнованиях.

В соответствии с требованиями РАФ и проанализированными выше автомобилями, для улучшения показателей проходимости и пассивной безопасности проектируемой машины коллективом Центра автотоспор-

та СФУ была разработана пространственная рама, состоящая из труб прямоугольного и квадратного профиля, основным достоинством которой является высокое отношение крутильной жёсткости к массе. АТС с центральным расположением двигателя и гидрообъемной трансмиссией. Общий вид автомобиля представлен на рис. 1.

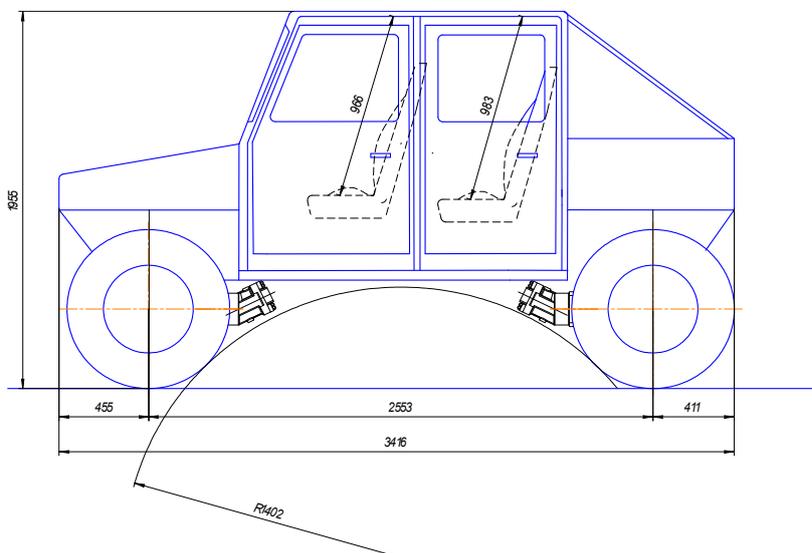


Рис. 1. Автомобиль СФУ 3111

Трансмиссией называется силовая передача, осуществляющая связь двигателя с ведущими колесами автомобиля. Она служит для передачи от двигателя к ведущим колесам мощности и крутящего момента, необходимых для движения автомобиля.

На данном автомобиле решено реализовать гидрообъемную трансмиссию вместо механической, так как переключение передач приводит к разрыву потока мощности и опасности срыва грунта колесами в момент включения передачи при движении по поверхностям с низкой несущей способностью. Эффективность двигателя в механической трансмиссии высока только на некоторых определенных режимах его работы, например, в режиме создания максимального крутящего момента, и резко падает при отходе от них.

Ступенчатая трансмиссия, осуществляя жесткую связь двигателя с колесами, нагружает двигатель моментом, пропорциональным моменту дорожных сопротивлений, которые, в свою очередь, изменяются в широком диапазоне произвольно и независимо от водителя. В результате двигатель используется недостаточно эффективно, и эксплуатационный расход топлива весьма велик. Все эти обстоятельства приводят к выводу о необходимости применения на полноприводных автомобилях бесступенчатых трансмиссий, в нашем случае – гидрообъемной. Для достижения цели при проектировании гидрообъемной трансмиссии перед нами были поставлены

следующие задачи: обеспечение полного привода, возможность включения и отключения переднего или заднего мостов для езды по асфальтобетонному покрытию, возможность включения межосевой блокировки, а также обеспечение реверса (возможность движения задним ходом).

В начале 1990-х гг. были проведены обширные исследования в области гидрообъемных трансмиссий, и была выдвинута идея для использования «гибкой» трансмиссии в автомобилях, эксплуатируемых по бездорожью. Эта идея стала воплощаться в реальность, когда в результате реорганизации НАМИ была основана небольшая научно-исследовательская фирма «НАМИ-Сервис». Ее руководителем стал С.Б. Шухман. Результаты исследований позволили к концу 1990-х гг. сформулировать основные требования к конструкции «гибкой» трансмиссии полноприводного автомобиля высокой проходимости и приступить к разработке опытного образца. Так в 2003 г. появился уникальный не имеющий аналогов в мире автомобиль под названием «Гидроход-49061» с гидрообъемной трансмиссией. Принципиальная гидравлическая схема трехконтурной гидрообъемной трансмиссии, принятой за основу при проектировании автомобиля «Гидроход» представлена на рис. 2.

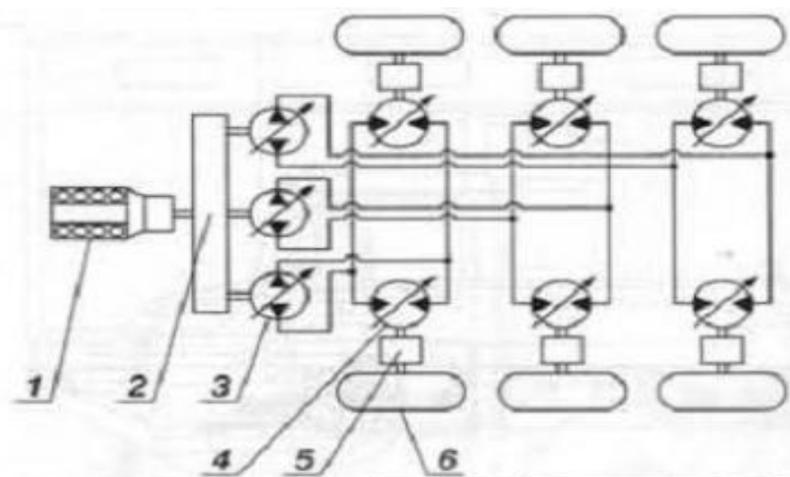


Рис. 2. принципиальная гидравлическая схема автомобиля «Гидроход-49061»:
1 – двигатель; 2 – раздаточный редуктор; 3 – насос; 4 – гидромотор; 5 – согласующий редуктор; 6 – колесо.

Однако такая схема не может быть использована на легковом автомобиле из-за габаритов и массы оборудования. Так для автомобиля АТС СФУ 3111 мы предложили схемное решение с одним гидравлическим насосом и двумя гидравлическими моторами, которые приводят в движение мосты, а не отдельно каждое колесо. К тому же использование одного гидронасоса и подключение гидромоторов непосредственно к мостам упрощает схему тем, что можно пренебречь использованием редукторов. Ниже на рис. 3 представлена гидравлическая схема, используемая на автомобиле.

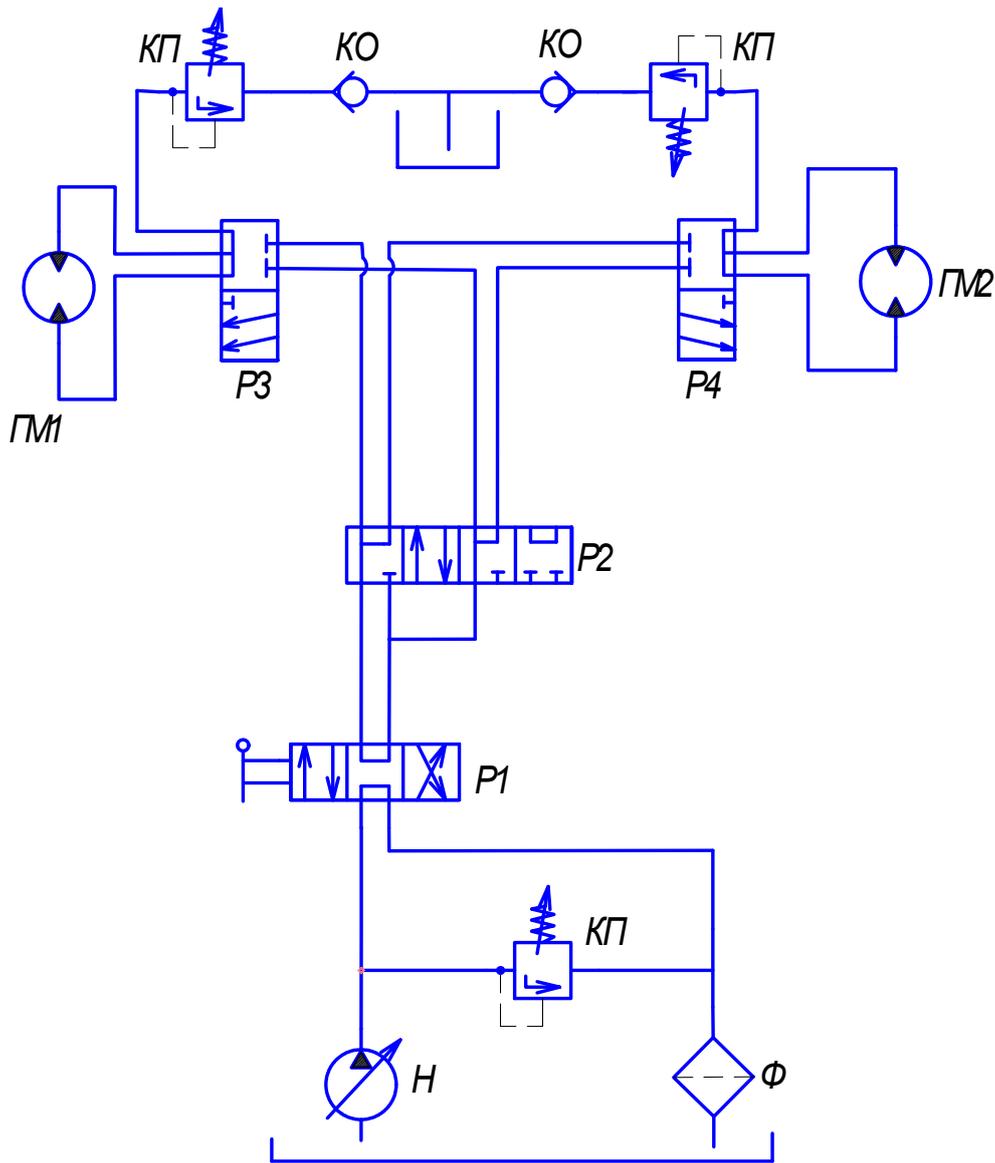


Рис. 3. Принципиальная гидравлическая схема автомобиля АТС СФУ 3111

Гидропривод состоит из бака, гидронасоса H , фильтра Φ , предохранительного клапана $KП$, гидрораспределителя $P1$, переключение которого обеспечивает реверс хода, а также нейтральное положение, замыкающее гидромоторы в одну цепь и освобождая гидронасос от нагрузки, гидрораспределителя $P2$ (гидравлическая межосевая блокировка), гидрораспределителей $P3$ и $P4$, которые позволяют отключать передний или задний мосты и переливных клапанов, установленных в сливной гидролинии.

Для достижения межосевой блокировки нами был сконструирован гидрораспределитель $P2$, не имеющий аналогов. Уникальность этого гидрораспределителя в том, что в нем работают две секции одновременно, а при переключении его начинают работать сразу две другие секции, что кардинально меняет работу гидропривода.

Гидравлическая межосевая блокировка (гидрораспределитель $P2$) работает следующим образом. При включении левой (по схеме) позиции гидрораспределителя жидкость, нагнетающаяся насосом H , попадает в первую и третью полость гидрораспределителя $P2$ (слева по схеме). Таким образом, гидромоторы включены параллельно, это позволяет работать гидросистеме даже если один гидромотор заблокируется (например, колеса упрутся в бревно), при переключении гидрораспределителя $P2$ мы замыкаем гидромоторы в одну цепь (последовательно), это позволяет избежать остановки автомобиля при попадании колес одного из мостов в почву, где сила трения о грунт значительно меньше, чем у другого. Переливные клапаны служат для слива жидкости при температурном расширении, когда один из мостов отключен.

УДК 621.867.:62-82

ГИДРОСИСТЕМА С ЗАМКНУТОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ И АККУМУЛЯТОРНОЙ ПОДПИТКОЙ

В.А. Ягодкин

Научный руководитель В.В. Абрамов
Сибирский федеральный университет

Гидросистемы с замкнутой циркуляцией и насосной подпиткой широко применяются в качестве привода движителей в самоходных машинах благодаря их преимуществам? по сравнению с гидросистемами с разомкнутой циркуляцией. Типичная закрытая гидросистема (рис. 1) включает в себя: гидробак 1, основной насос 2, гидромотор 3, клапанную коробку 4, охладитель жидкости 5, фильтр 6 и насос подпитки 7 [2]. При эксплуатации гидросистемы за счет создания избыточного давления на входе основного насоса потоком от насоса подпитки происходит улучшение условий всасывания и заполнения камер основного насоса, снижаются ограничения по его частоте вращения. За счет избыточного давления на входе основного насоса уменьшается влияние газовой фазы рабочей жидкости, увеличивается коэффициент подачи насоса. При этом избыточное давление ограничивается клапаном, а излишний поток от системы подпитки сливается через данный клапан в гидробак, что приводит к потерям энергии, дополнительному нагреву жидкости и ухудшению её свойств. Кроме того, обычная система подпитки с нерегулируемым насосом не может компенсировать изменение подачи на сливе при использовании в качестве гидродвигателей гидроцилиндров с односторонними штоками. Поэтому в закрытых

гидросистемах в качестве гидродвигателей применяются гидромашины с одинаковыми потоками на входе и выходе - гидромоторы.

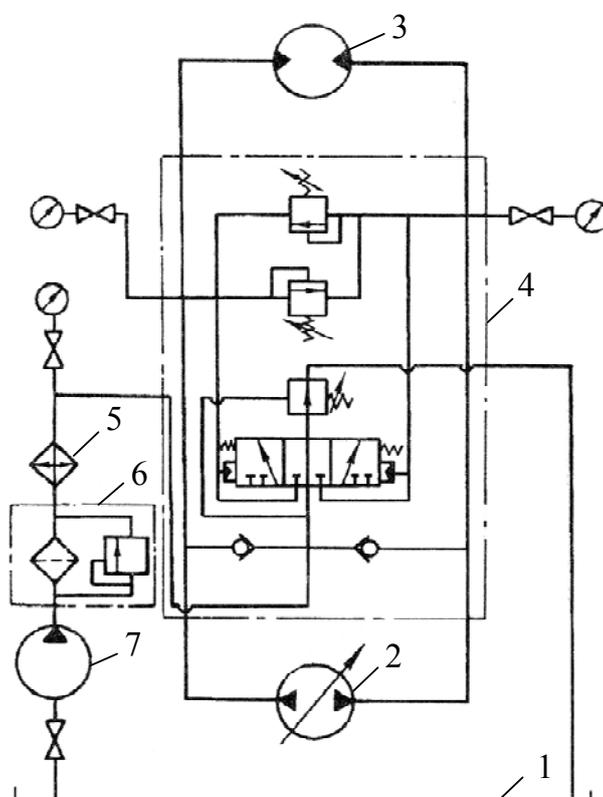


Рис. 1

Сохранить достоинства схемы с закрытой циркуляцией для гидросистем имеющих различные типы гидродвигателей, и минимизировать недостатки, позволяет установка аккумуляторной системы подпитки (рис. 2, а, б) вместо насосной подпитки. Основу системы подпитки составляет гидроаккумулятор, клапан управления и распределитель. При применении двухлинейного распределителя (рис. 2, а) во всасывающую магистраль насоса встраивается обратный клапан между ее соединением с системой подпитки и гидробаком. Если использовать трехлинейный распределитель (рис. 2, б), то всасывающая гидролиния перекрывается непосредственно им, поэтому надобность в обратном клапане отпадает. Аккумулятор устанавливается на сливной магистрали, которая соединяется с всасывающей линией насоса через распределитель. Система подпитки действует циклически. При давлении ниже установленного сливная магистраль после аккумулятора перекрывается распределителем, при этом производится зарядка аккумулятора, а насос всасывает жидкость из гидробака. При увеличении давления в аккумуляторе до величины соответствующей его достаточной зарядке клапан управления переключает позицию распределителя. Сливная и всасывающая магистрали соединяются. Обратный ток жидкости

в гидробак из всасывающей магистрали предотвращается обратным клапаном либо распределителем. Утечки в системе и колебания потока слива компенсируются аккумулятором [1, 3].

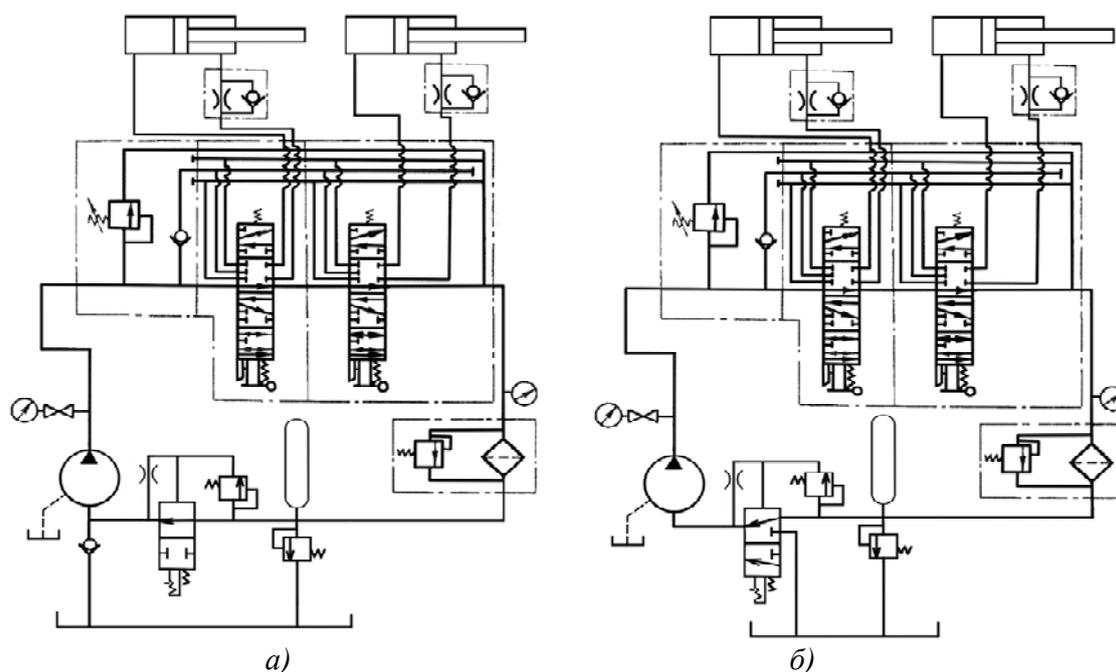


Рис. 2

В данных схемах подпитки отсутствуют механический привод и дросселирование, что позволяет более рационально использовать энергию привода, но имеется и недостаток – цикличность работы системы подпитки. Во время зарядки аккумулятора насос всасывает жидкость из гидробака, при этом могут проявляться негативные явления, связанные с понижением давления во всасывающей магистрали насоса. Для того чтобы устранить данный недостаток аккумуляторных систем подпитки, целесообразно устанавливать в системе гидропреобразователь с пружинным возвратом. Гидропреобразователь, работающий по схеме увеличения потока жидкости во время зарядки аккумулятора, позволит не только зарядить аккумулятор, но и одновременно подпитывать насос, таким образом, система подпитки будет действовать непрерывно.

Список литературы

1. Абрамов В.В., Михайлов А.А., Гидросистема мобильной машины / Патент на изобретение №2435909 от 10.12.2011.
2. Каверзин С. В. Курсовое и дипломное проектирование по гидроприводу самоходных машин: учебное пособие.– Красноярск: ПИК «Офсет», 1997. - 384 с.
3. Михайлов А. А., Абрамов В. В., Каверзин С. В. Гидросистема мобильной машины / Патент на полезную модель №85920 от 13.04.2009.

МАШИНОСТРОЕНИЕ: МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

УДК 621.791.011

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН РАЗРУШЕНИЯ БЕССТЫКОВОГО РЕЛЬСОВОГО ПУТИ

С.С. Голомбецкий

Научные руководители А.И. Демченко, А.М. Токмин
Сибирский федеральный университет

В начале XIX в., в связи с увеличением грузоперевозок в нашей стране, нагрузка на железную дорогу увеличивалась, что привело к необходимости улучшить качество и удешевить изготовление и эксплуатацию рельсового пути. Решение было принято в пользу использования бесстыкового пути.

Бесстыковой путь представляет из себя сварную плетть длиной 800 и более м из стандартных рельсов длиной 25 м.

В связи с высокими напряжениями в сварных стыках из-за температурных напряжений и динамических нагрузок от подвижного состава, к сварным стыкам предъявляются высокие прочностные требования. Но, наряду с твердостью, сварной стык должен обладать достаточной надежностью, во избежание хрупкого разрушения при динамической нагрузке.

В нашей стране использовались три основных вида получения сварного соединения рельса: алюмотермитная, ручная дуговая и контактная стыковая сварка. Но при дальнейшем анализе производства бесстыкового пути большее распространение получил контактный способ сварки. Однако этот способ, несмотря на очевидные преимущества, имеет свои особенности, иногда приводящие к разрушениям.

Один из таких видов разрушения произошел на Красноярской железной дороге. Разрушение произошло в перпендикулярном направлении на расстоянии 110–120 мм от сварного стыка (рис. 1).

Поверхность разрушения находится в хорошем состоянии и на ней отчетливо можно наблюдать две зоны. Первая зона (правая нижняя часть

подошвы рельса) представляет очаг зарождения трещины и область усталостного разрушения (рис. 1, 2), вторая зона, занимающая основную часть поверхности разрушения – зона долома.

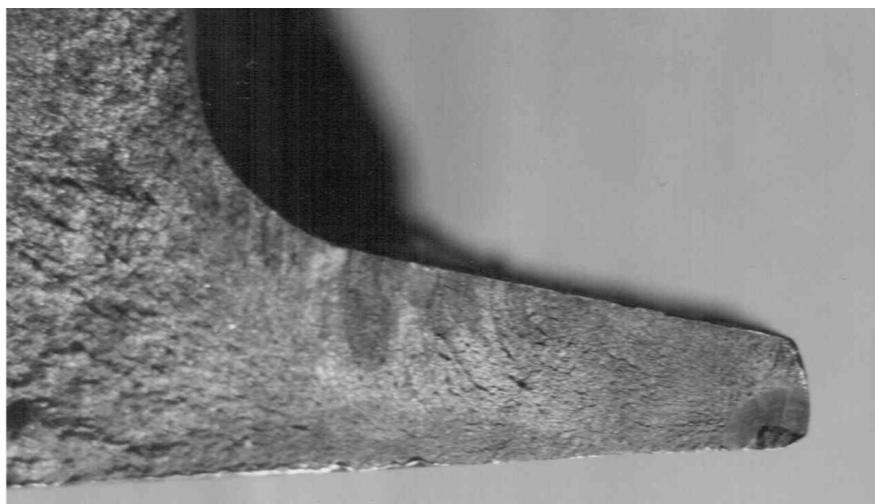


Рис. 1. Общий вид поверхности разрушения, х 1

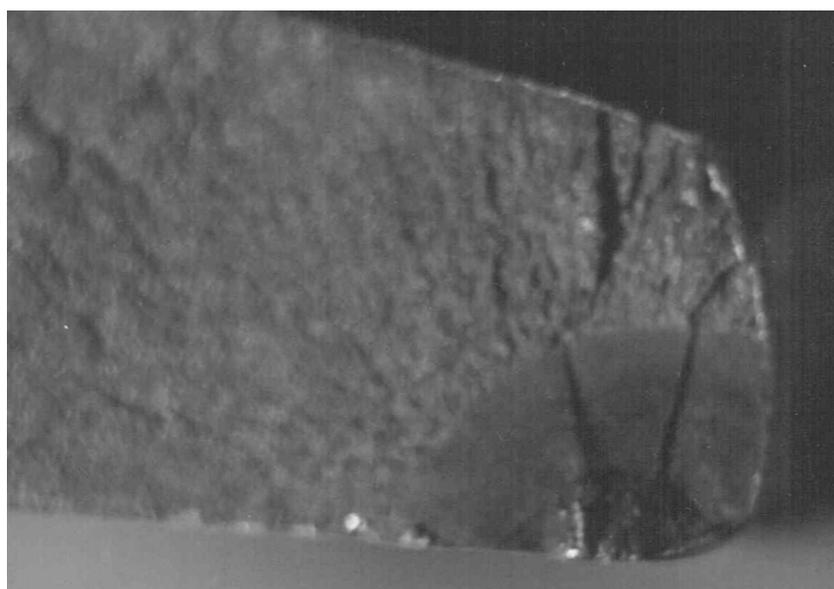


Рис. 2. Поверхность разрушения вблизи очага зарождения трещины, х 5

Для определения причин разрушения необходимо выполнение комплексного исследования. Прежде всего, требовалось определить соответствие химического состава и некоторых свойств рельса. Химический состав по нормируемым элементам полностью соответствует требованиям ГОСТа 24182–80. Твердость подошвы рельса составляет НВ 321, что также соответствует требованиям ГОСТа 24182–80 (табл. 1).

Для определения причин разрушения необходимо установить природу возникновения очага зарождения трещины. Очаг зарождения трещин четко виден на фрактограмме (рис. 2).

Таблица 1. Химический состав и твердость рельса

Наименование	C	Mn	S	P	Si	Cr	Ni	Твердость НВ
Фрагмент	0,76	0,83	0,025	0,017	0,28	0,05	0,05	321
ГОСТ 24182–80	0,71–0,82	0,75–1,05	Не более 0.045 0.035		0,18–0,40	-	-	311...401

В данном случае наличие дефекта послужило причиной образования трех очагов зарождения трещины. На начальной стадии разрушения (под разрушением следует понимать весь процесс, происходящий от момента образования трещин до полного разделения рельса на две части) эти трещины развивались самостоятельно, но т. к. они находятся на небольшом расстоянии, произошло их быстрое слияние в одну (рис. 2). Продвижение таких трещин носит циклический характер, связанный с условиями нагружения. Известно, что при расстоянии между вершинами трещины меньше их длины происходит разрыв перемычек и скачкообразно увеличивается длина магистральной трещины. Упругое поле такой трещины также становится больше по размерам. В данном случае трещины в очагах зарождения расположены не на одной линии, поэтому наблюдается характерные ступеньки (рис. 2). Постепенно по мере роста трещины, происходит уменьшение высоты ступенек и магистральная трещина усталости выходит в одну плоскость. При выходе трещины в одну плоскость она достигает критических размеров и дальнейшее ее распространение протекает практически мгновенно. Это соответствует стадии долома.

Анализ очага разрушения указывает на наличие достаточно большого дефекта (рис. 2). Для установления природы образования такого дефекта был выполнен ряд исследований. Твердость в локальной зоне дефекта подошвы рельса, которая определялась на микротвердомере, оказалась значительно выше НВ (420–543) по сравнению с НВ (228–254) у основного металла.

Металлографические исследования, выполненные на оптическом микроскопе, позволили обнаружить наличие крупных межзеренных дефектов. Эти дефекты имеют вид ломанных светлых линий (рис. 3), кроме того, выявлена неоднородность структуры. Дефектная область имеет высокодисперсную структуру, соответствующую трооститу, по мере удаления видна переходная область, а далее основная структура стали, представляющая собой сорбит. (рис. 4) Значительный интерес представляет различная травимость стали, большей травимостью обладает зона с повышенной твердостью, что несомненно свидетельствует о различном структурном состоянии в различных участках.

Такие изменения структуры и свойств стали в локальной области свидетельствуют о ее термическом происхождении.

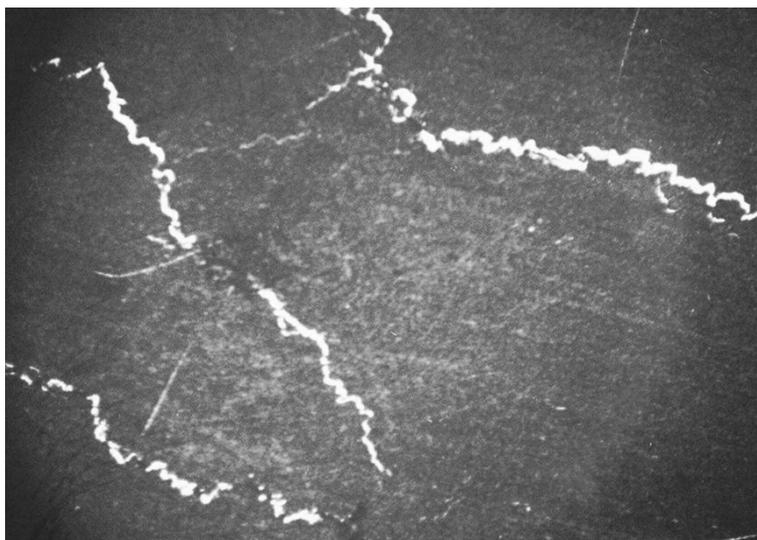


Рис. 3. Микроструктура дефектной зоны со стороны подошвы рельсы, x 100

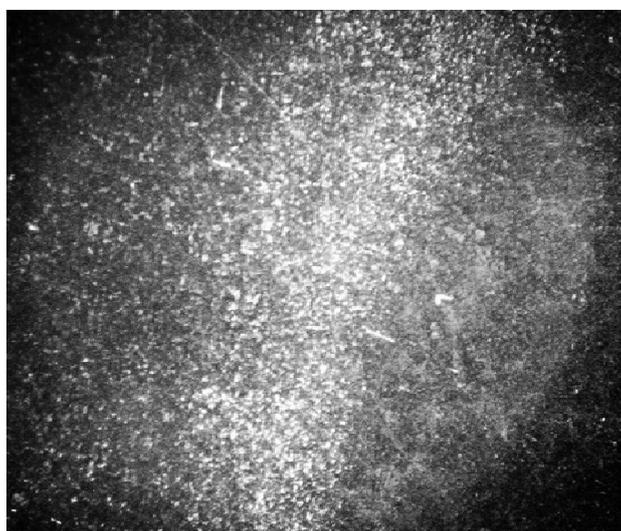


Рис. 4. Неоднородная микроструктура стали в области очага зарождения трещины, x 100

Разрушение, как было указано ранее, произошло на расстоянии 110–120 мм от сварного стыка, т. е. на расстоянии, соответствующем установочной длине зажимов. Это указывает на то, что в процессе сварки между электродом сварочной машины и подошвой рельсы произошел локальный нагрев до температур, превышающих фазовые превращения в стали, т. е. образуется поджог (температура фазовых превращений в данной стали составляет примерно 730 °С). Такой нагрев возможен из-за высокой плотности тока, которая обусловлена неплотным контактом между электродом и подошвой рельсы. Кроме того, может произойти местное подплавление и образование «блуждающей» электрической дуги. Дуга, в свою очередь, может вызвать локальное расплавление стали и электрода. В результате концентрированного термического удара могут образоваться микротрещи-

ны и в первую очередь по границам зерен, что и наблюдается в представленном случае (рис. 4).

Наличие таких дефектов в значительной степени облегчает образование усталостных трещин. Поскольку пластичность дефектной области понижена, это подтверждает высокая твердость, то трещина достаточно легко продвигается и растет до критических размеров. Важно отметить, что трещиностойкость стали, из которой изготовлены рельсы, также невелика. После достижения трещиной критических размеров произошел окончательный долом рельсы.

Выводы: 1. Разрушение рельсы произошло в результате развития процессов усталости.

2. Зона усталости имеет небольшие размеры (около 50 мм²).

3. Очагом зарождения трещины явился поджог, который возник в результате стыковой сварки рельсов.

Для предотвращения подобных дефектов необходимо принимать следующие меры:

Улучшить контроль качества зачистки поверхностей рельсов, контактирующих с токоведущими электродами перед сваркой.

После каждой операции сварки производить очистку сварочной машины от металлической пыли и грата.

После каждой операции сварки проверять состояние токоведущих электродов (зажимных губок).

УДК 621.002.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ НА СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛА ИЗ СТРУЖКИ МЕДИ И ЦИНКА

Е.В. Криворучкина
Научный руководитель В.И. Аникина
Сибирский федеральный университет

Создание новых материалов с заданным уровнем свойств является постоянной задачей, стоящей перед металловедом и технологами. Одним из направлений в той отрасли является развитие технологии получения материалов из стружки.

Традиционным способом переработки (утилизации) стружки является плавильный передел, но он считается низкоэффективным из-за повышенного угара металла (снижение на 10-15 % производительности металлургических агрегатов). Кроме того, эффективность процесса переплава снижает удаленность металлургических заводов, осуществляющих переплав стружки от мест ее образования. Эти недостатки могут быть сведены к минимуму при переработке стружковых отходов одним из методом обработки металлов давлением, по типу порошковой металлургии.

Формирование структуры материалов, получаемых из стружковых частиц, определяется закономерностями деформационно-рекристаллизационных процессов, протекающих как при образовании формы изделия методами обработки давлением, так и при последующей термической обработке заготовок, полуфабрикатов и готовых изделий. Структура стружковых материалов определяет свойства готовых изделий. При этом важнейшим структурным признаком оказывается степень устранения несплошностей металла между стружковыми частицами.

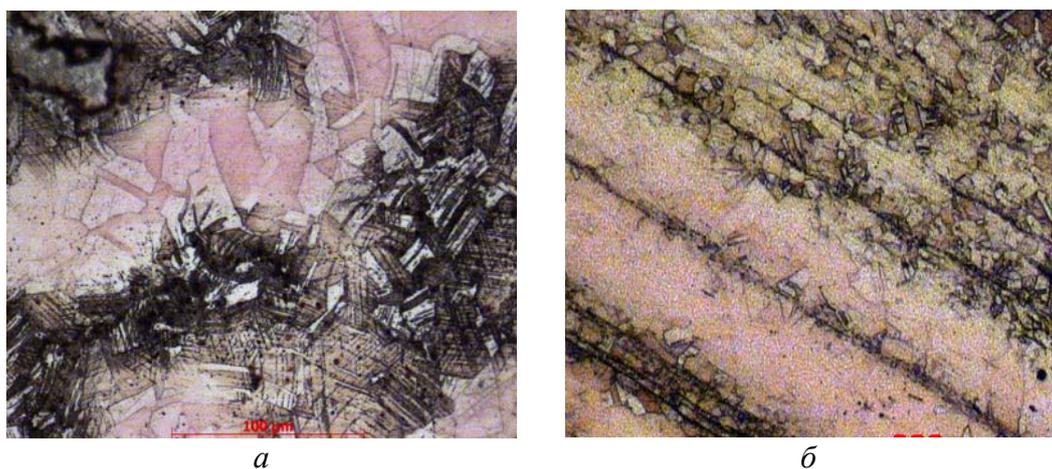
Одним из важнейших механизмов спекания частиц является процесс рекристаллизации. При спекании образующиеся зародыши рекристаллизации в первую очередь возникают в областях наиболее сильной пластической деформации, которыми являются точки ювенильного контакта («мостики схватывания»). Зародыши рекристаллизации растут в пределах такого мостика, охватывая в одном зерне объемы металла, принадлежащие сразу обеим стружковым частицам, обеспечивая, таким образом, их спекание.

В зонах границы, не сформировавших плотного ювенильного контакта, образующиеся рекристаллизованные зерна растут в пределах объема каждой из стружковых частиц, а дальнейшее спекание реализуется по диффузионным механизмам, приводящим к постепенному уменьшению протяженности границ раздела между областями хорошего спекания.

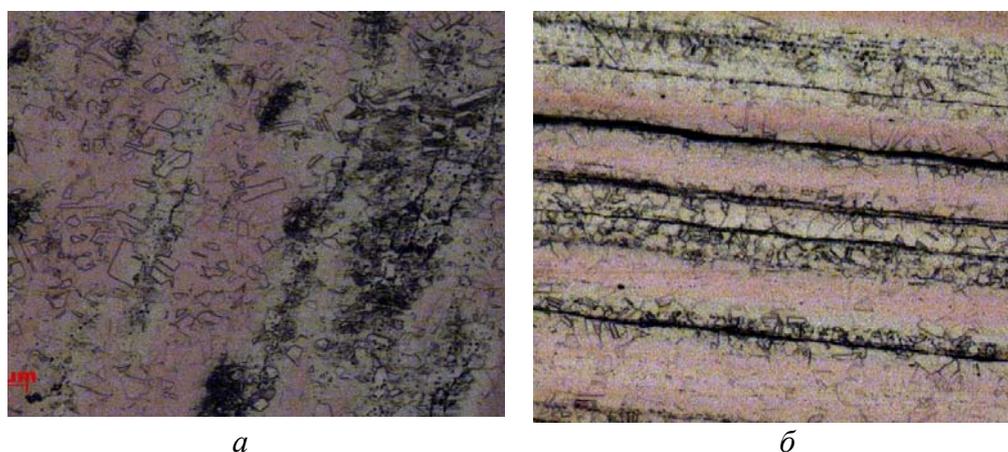
Пластическая деформация при прессовании в зоне поверхностей стружки и следующая за ней динамическая рекристаллизация приводит к возникновению мелкозернистой рекристаллизованной структуры, практически уничтожая границы раздела между частицами стружек, и способствует образованию в этих микрообъемах зоны мелкозернистого компактного материала.

Целью данной работы является исследование влияния режимов обработки давлением на структурообразование материала из стружки псевдолатуни. Методами обработки давлением, в которых применялись различные схемы деформирования были получены прутки, в которых исследовали микроструктуру и механические свойства. Исследуемым материалом была псевдолатунь Л90. Под «псевдолатунию» понимается, материал, полученный путем смешивания медной и цинковой стружек, в процентном соотношении как в латуни Л90 (90 % меди, 10 % цинка).

Металлографическое исследование прутков показало, что в результате предложенных технологических решений получили полуфабрикат – прутки, в котором отсутствуют несплошности. Однако микроструктура прутков не является однородным α – твердым раствором цинка в меди, что характерно для латуни Л90. Она состоит из перемежающихся стружек меди и цинка, между которыми наблюдается зона сопряжения за счет двойников, образованных не по всему периметру стружки (рис. 1).



*Рис. 1. Микроструктура «псевдолатуни» Л90:
а – поперечное сечение прутков, диаметр 6 мм, $\times 800$;
б – продольное сечение прутков, диаметр 6 мм, $\times 320$*



*Рис. 2. Микроструктура псевдолатуни Л90:
а – поперечное сечение прутков, диаметр 6 мм, $\times 160$;
б – продольное сечение прутков, диаметр 6 мм, $\times 160$*

На рис. 2 представлены микроструктуры образцов после отжига. На них видно, что участков с α – твердым раствором цинка в меди стало значительно больше, чем в образцах без отжига. Это произошло благодаря диффузионным процессам, протекающим при высокой температуре. Однако остались участки, состоящие отдельно из меди и отдельно из цинка. На

поперечном сечении наблюдается аналогичное распределение структурных составляющих (рис. 2, а).

По полученным результатам можно сделать выводы о том, что из стружки «псевдолатуни» Л90 можно методами обработки давлением получить сплошной материал в качестве полуфабриката – прутков и проволоки.

УДК 621.746.628.4

ФОРМИРОВАНИЕ ВКЛЮЧЕНИЙ СВИНЦА В СТРУКТУРЕ СЛИТКОВ АВТОМАТНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ПРИ НЕПРЕРЫВНОМ ЛИТЬЕ

А.И. Перфильева

Научный руководитель В.Г. Бабкин

Сибирский федеральный университет

Автоматные алюминиевые сплавы – это традиционные сплавы системы Al-Cu-Mg и Al-Mg-Si, дополнительно легированные легкоплавкими элементами – свинцом или свинцом совместно с висмутом в количестве до 1.5 % (масс). Автоматные сплавы получили свое наименование в связи с их обработкой на станках-автоматах с повышенной скоростью резания (ЧПУ) для изготовления деталей массового спроса.

Получение слитков автоматных алюминиевых сплавов непрерывным литьем связано с неравномерным распределением свинца по сечению слитка.

В процессе кристаллизации при температуре монотектической реакции частицы легкоплавких фаз выделяются по границам дендритных ячеек в виде отдельных глобулярных включений размером от 2 до 10 мкм, либо в виде слившихся крупных включений размером более 50 мкм, которые в большом количестве оказываются в донных частях слитков. Установлено, что наиболее предпочтительным способом введения свинца в расплав, с точки зрения получения достаточно оптимальных размеров частиц, является присадка его в гранульном виде или в виде гранулированных свинецсодержащих лигатур. Однако поведение свинцово-висмутовых фаз, оказавшихся перед растущим дендритом затвердевающего металла, до сих пор не изучено, что не позволяет судить о закономерностях их распределения в твердом слитке, а следовательно и влиять на повышение эксплуатационных характеристик и потребительских свойств деформируемых полуфабрикатов.

Для уточнения механизма распределения включений свинца между жидкой и твердой фазами рассмотрены важнейшие усилия, действующие на частицы свинца перед растущим кристаллом.

При непрерывном литье и небольшом переохлаждении кристалл растет в форме скелета или дендрита в направлении температурного градиента вглубь слитка. Перед растущим кристаллом сплава системы Al-Pb появляются избыточные концентрации свинца, растворимость которого в твердой фазе незначительна. Обычно образовавшиеся частицы новой фазы, взвешенные в расплаве, имеют размер 10^{-9} м. Эти частицы представляют собой метастабильную, термодинамически неустойчивую фазу, поэтому испытывают естественное стремление к укрупнению. Процесс укрупнения сопровождается уменьшением поверхности раздела, чему способствуют высокие значения межфазного натяжения и соответственно малые величины вязкости расплава и частиц новой фазы.

Частица свинца, прошедшая под действием капиллярных сил ликватную пленку на растущей грани кристалла (рис. 1) и коснувшись кристаллического остова, испытывает противодействие кристаллизационного давления, которое не зависит от символа отталкивающей грани и природы препятствия и связано с энергией фазового перехода.

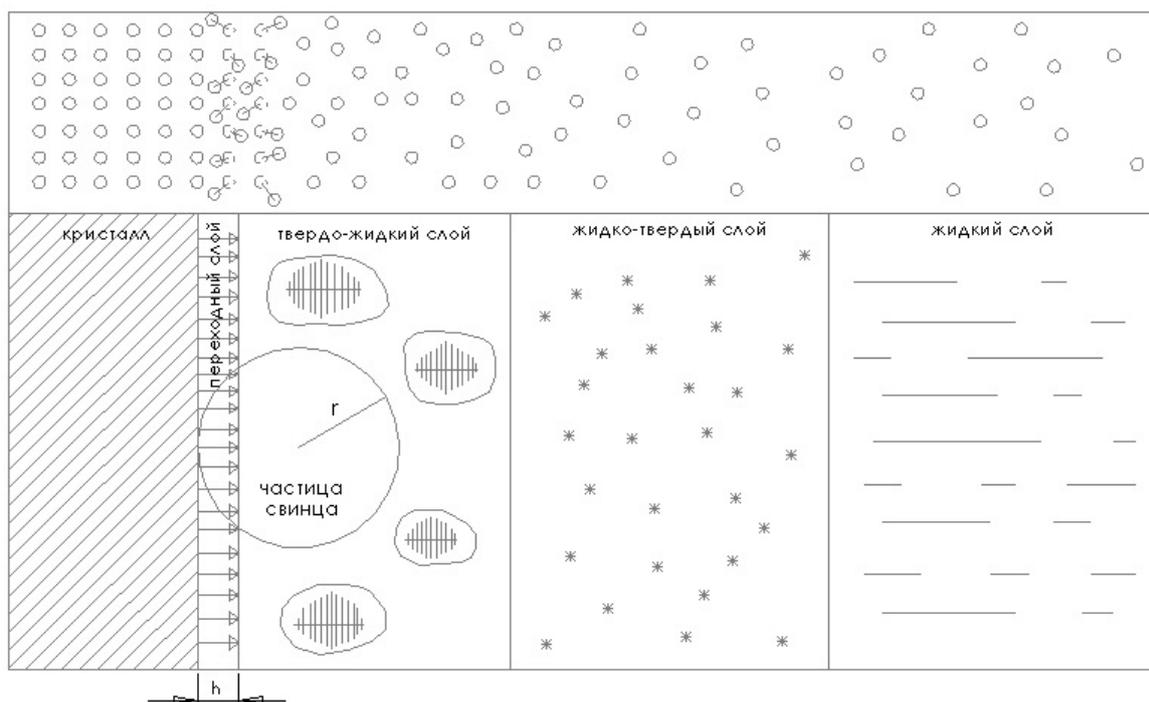


Рис. 1. Схема формирования включений свинца в структуре слитка

В табл. сопоставлены силы, действующие на частицы свинца размером 1-10 мкм у грани кристалла.

Возможность захвата жидких частиц свинца растущими дендритами зависит от соотношения капиллярных и кристаллизационных сил, действующих на частицу у фронта кристаллизации. При $f_k > f_{кр}$ усеченная сферическая частица входит в зону кристаллизационного давления, поэтому

условие вращаения в кристалл запишется: $P_k > P_{кр}$. Учитывая, что $P_k = f_k/\omega_k$, где ω_k – площадь контакта, можно предположить, что успешнее внедряются мелкие жидкие частицы, поскольку для них больше P_k . Из равенства f_k и $f_{кр}$ можно определить критический размер частицы $r_{кр}$:

$$\frac{8}{3} \pi r^2 \frac{\Delta\sigma}{\delta} = 2\pi r h \frac{\Delta T \Delta H}{TV},$$

$$r_{кр} = \frac{3}{4} \cdot \frac{\delta h \Delta T \Delta H}{\Delta\sigma TV}.$$

Таблица. Значение сил, действующих на частицы свинца у грани растущего кристалла

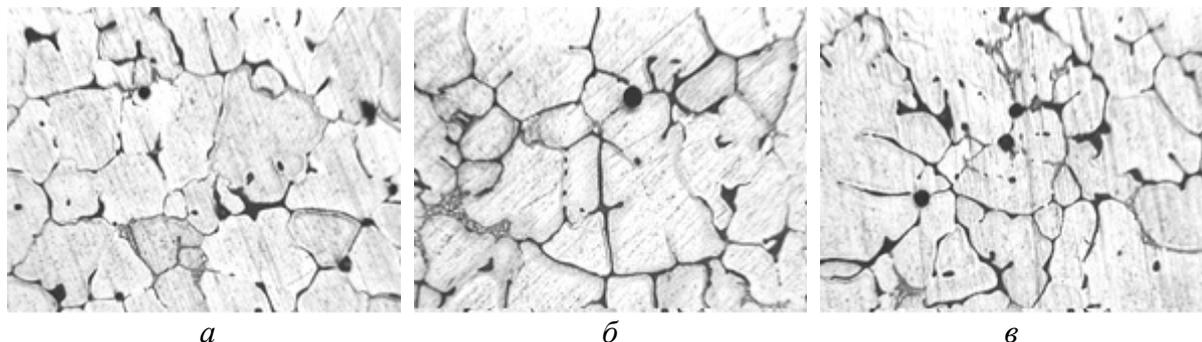
Силы и расчетные уравнения	Капиллярные $f_k = \frac{8}{3} \pi r^2 \frac{\Delta\sigma}{\delta};$ $\Delta\sigma = 10 \text{ мДж/м}^2;$ $\delta = 10^{-5} \text{ м}$	Кристаллизационные $f_{кр} = 2\pi r h \frac{\Delta T \Delta H}{TV};$ $\Delta T = 10 \text{ К};$ $h = 10^{-9} \text{ м}; T = 934 \text{ К}$	Архимеда $f_A = \frac{4}{3} \pi r^3 \Delta\rho g;$ $\Delta\rho = 8,28 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$
$r = 0,5 \text{ мкм}$	$3,5 \cdot 10^{-8}$	$3,24 \cdot 10^{-8}$	$4,2 \cdot 10^{-14}$
$r = 1 \text{ мкм}$	$1,4 \cdot 10^{-7}$	$6,5 \cdot 10^{-8}$	$3,4 \cdot 10^{-13}$
$r = 5 \text{ мкм}$	$3,5 \cdot 10^{-6}$	$3,24 \cdot 10^{-7}$	$4,2 \cdot 10^{-11}$
$r = 10 \text{ мкм}$	$1,4 \cdot 10^{-5}$	$6,5 \cdot 10^{-7}$	$3,4 \cdot 10^{-10}$

Жидкие частицы размером $r < r_{кр}$ захватываются растущим кристаллом, а более крупные не способны преодолеть зону кристаллизационных давлений и остаются в ликватной пленке, окружающей растущий кристалл.

Частицы жидкого свинца, оказавшиеся между растущими кристаллами в двухфазной зоне, склонны к слиянию (коалесценции). Укрупнению частиц до размеров нескольких микрон способствуют не только высокие значения межфазного натяжения, но и малые значения величин вязкости маточного расплава. Жидкий свинец тяжелее исходного расплава, поэтому он перемещается вдоль фронта растущих кристаллов до тех пор, пока не происходит срастание дендритных осей и скачкообразное повышение вязкости суспензии.

Для подтверждения основных положений по формированию включений свинца автоматного алюминиевого сплава 2007 провели производственные исследования. Расплав готовили по серийной технологии ООО «Крамз». Присадку свинца в расплав осуществляли в два приема – в тигельной печи ИАТ-6 путем плавки чушки, и дополнительно в раздаточном лотке перед кристаллизатором, с применением свинецсодержащей гранулированной лигатуры. Модифицирование расплава прутковой лигатурой системы Al-Ti-B проводили в кристаллизаторе, расплав разливали в слитки

диаметром 320 мм со скоростью 45 мм/мин. Характерная микроструктура различных зон полученного слитка приведена на рис. 2.



*Рис. 2. Микроструктура слитка из сплава 2007, x100:
а – периферийная зона; б – средняя зона; в – центральная зона*

Результаты исследований показали, что в периферийной зоне слитка частицы свинца размером менее 0,10-0,25 мкм располагаются преимущественно в теле зерна, а более крупные включения по границам зерен. По мере приближения к центральной зоне слитка количество и размер свинцовых включений несколько увеличиваются, достигая 20-30 мкм, что не оказывает отрицательного влияния на структуру и параметры производства слитков и полуфабрикатов.

Таким образом, модифицирование расплава прутковыми лигатурами Al-Ti-V или таблетированными лигатурами Al-Ti-C позволяет существенно повысить скорость разливки, не опасаясь чрезмерного возрастания степени зональной ликвации в слитке и возникновения горячих трещин. Для предотвращения возможного образования грубых интерметаллидных включений желательно применять комплексные лигатуры, например Al-Ti-C-Sr.

Уменьшение гравитационной ликвации достигается также перемешиванием расплава и повышением скорости охлаждения. В частности, положительный результат можно достичь, применяя короткий кристаллизатор и интенсивное охлаждение слитка водой после его выхода из кристаллизатора.

Заключение

Распределение включений свинца относительно дендритной структуры слитка определяется на начальной стадии кристаллизации соотношением сил кристаллизационного давления и капиллярной, которые действуют на включение, коснувшееся грани кристалла. При степени переохлаждения на фронте кристаллизации 2-5 К растущим кристаллом захватываются частицы менее 0,1-0,25 мкм, а более крупные оттесняются в междендритное пространство. В двухфазной зоне происходит укрупнение жидких частиц свинца и их перемещение вдоль фронта растущих кристаллов. Чем

меньше переохлаждение, тем более крупными образуются частицы жидкого свинца, и их распределение по высоте слитка требует учета архимедовой силы. Для уменьшения гравитационной ликвации предлагается повышение скорости литья, модифицирование расплава, а также увеличение скорости охлаждения слитка.

МАШИНОСТРОЕНИЕ: МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (СВАРОЧНОЕ, ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО И ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ



УДК 621.643

РАБОЧИЕ ОРГАНЫ С РАСШИРЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ДЛЯ БЕСТРАНШЕЙНОГО РЕМОНТА ТРУБОПРОВОДОВ

М.С. Жиганов

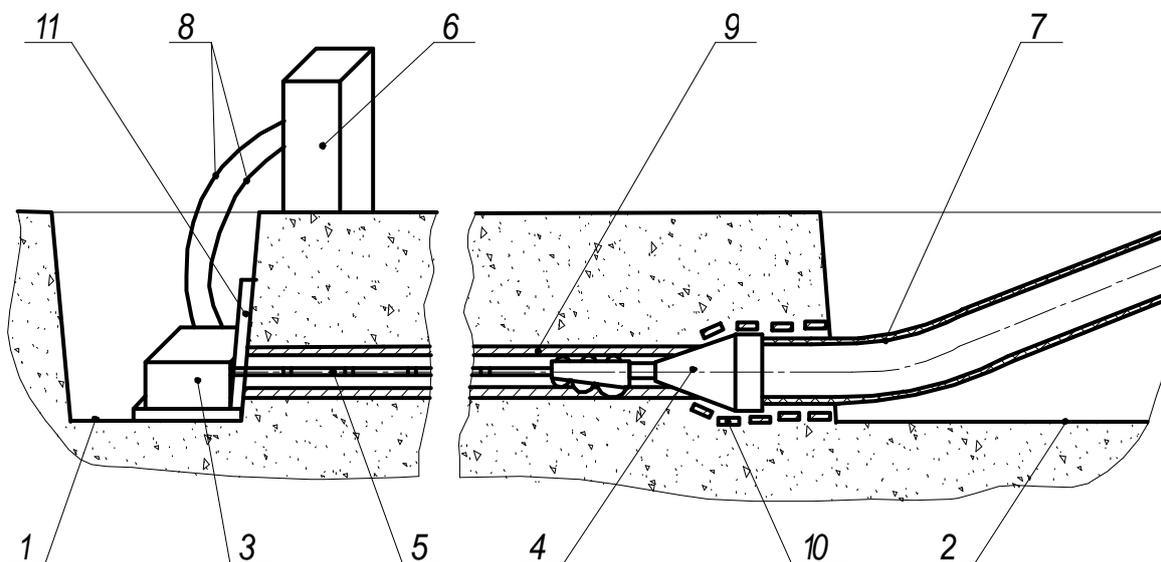
Научный руководитель А.А. Шайхадинов

Сибирский федеральный университет

В настоящее время подземные трубопроводы России находятся в неудовлетворительном состоянии. Так, по разным данным от 60 до 75 % этих трубопроводов сильно изношено и эксплуатируются со степенью износа более 80 %. При этом их аварийность с каждым годом растет, а утечки транспортируемой среды приносят огромный экономический и экологический ущерб нашей стране. Ситуация усугубляется тем, что темпы старения инженерных сетей в несколько раз опережают темпы их ремонта и замены. Применяемый траншейный (открытый) способ ремонта трубопроводов решить данную проблему не в состоянии.

Справиться с этой ситуацией возможно путем более широкого внедрения и реализации другого способа ремонта трубопроводов, называемого бестраншейным (закрытым). Одним из наиболее перспективных методов бестраншейного ремонта трубопроводов является метод, заключающийся в статическом (безударном) разрушении старой трубы рабочим органом, представляющим собой режущую головку с дисковыми ножами и конический расширитель (рис. 1). Рабочий орган перемещается внутри образуемой скважины при помощи гидравлической силовой установки и составной штанги, одновременно протаскивая через заменяемую трубу новую плетть пластмассового (полиэтиленового, полипропиленового и т. п.) трубопровода большего диаметра.

Несмотря на свои преимущества, анализ применения такого оборудования выявил ряд недостатков. При реализации этого метода могут возникать различные внештатные ситуации, приводящие к остановкам процесса и дополнительным затратам труда и денежных средств.



*Рис. 1. Технологическая схема бестраншейного ремонта трубопровода:
 1, 2 – приямки; 3 – силовая установка; 4 – рабочий орган; 5 – составная штанга;
 6 – насосная станция; 7 – плетень нового пластмассового трубопровода;
 8 – рукава высокого давления; 9 – разрушаемый старый трубопровод;
 10 – разрушенный старый трубопровод; 11 – упорный щит*

Одной из основных причин внештатных ситуаций является затупление или повреждение режущего ножа и, как следствие, невозможность разрезания старого трубопровода с последующим стопорением рабочего органа. Это происходит из-за того, что нож при разрезании старого трубопровода на всю толщину его стенки может попасть на твердые включения (камни, бетон и др.).

Основываясь на сказанном выше, было предложено разрезать старый трубопровод не на всю толщину его стенки, а лишь на часть, создавая концентратор напряжения. Окончательное разрушение старого трубопровода осуществляется с помощью разрывающего ролика, установленного на корпусе рабочего органа за ножом. В итоге режущий элемент не соприкасается с грунтом и, соответственно, не повреждается о твердые включения в грунте. Тем самым достигается повышение ресурса ножа и снижается вероятность возникновения внештатных ситуаций.

Исходя из предложенной идеи, была разработана методика экспериментальных исследований и изготовлена лабораторная модель такого рабочего органа (рис. 2).

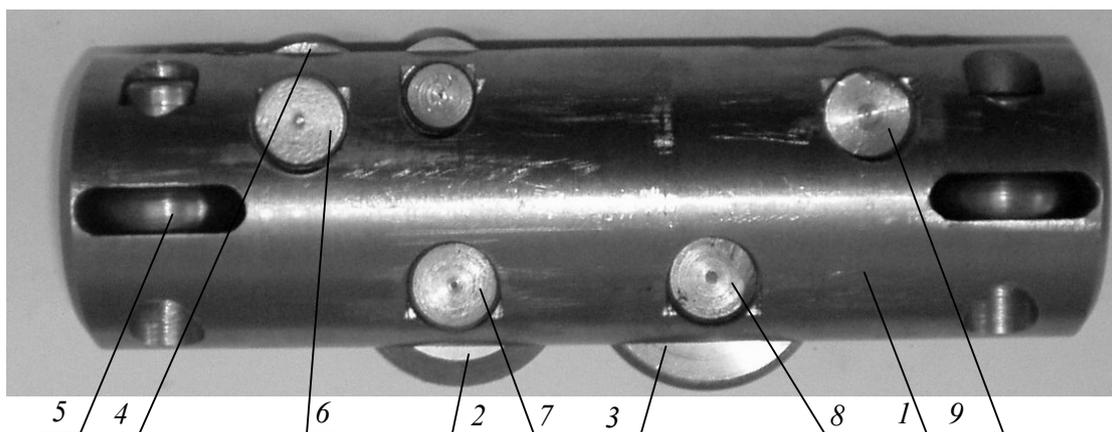


Рис. 2. Модель лабораторного рабочего органа для надрезания старого трубопровода с его последующим дорывом: 1 – корпус рабочего органа; 2 – дисковый нож для создания концентратора напряжений в виде продольной прорези; 3 – ролик для разрыва старого трубопровода; 4, 5 – опорные катки; 6-9 – оси

С предлагаемым рабочим органом была проведена серия экспериментов в лабораторных условиях. Наиболее интересные результаты показаны на графиках (рис. 3 и 4).



Рис. 3. Результаты исследования различных схем разрушения отработавших трубопроводов: 1, 2, 3 – усилия соответственно суммарные, разрезания и разрыва для стального трубопровода с диаметром $d_c = 0,068$ м и толщиной стенки $\delta_c = 0,004$ м

Эксперименты выполнялись в следующей последовательности. Производилась сборка модели рабочего органа. На ось устанавливался дисковый нож таким образом, чтобы образец старой трубы не разрезался полно-

стью, а лишь на его внутреннюю поверхность наносился концентратор напряжений (надрез). Затем между верхней и нижней плитами пресса соосно располагались модель рабочего органа и образец трубы. Включался пресс и опускалась его верхняя плита. Под воздействием усилия пресса модель рабочего органа внедрялась в трубу, деформируя и надрезая ее. При этом полученное усилие фиксировалось динамометром пресса. Далее застрявшая модель рабочего органа выбивалась из образца трубы, используя выколотку и молоток. Затем дисковый нож снимался, а на другую ось устанавливался разрывающий ролик. После чего последовательность операций повторялась. Полученные за два прохода модели рабочего органа усилия разрезания и разрыва складывались. Результирующее значение принималось за усилие разрушения.

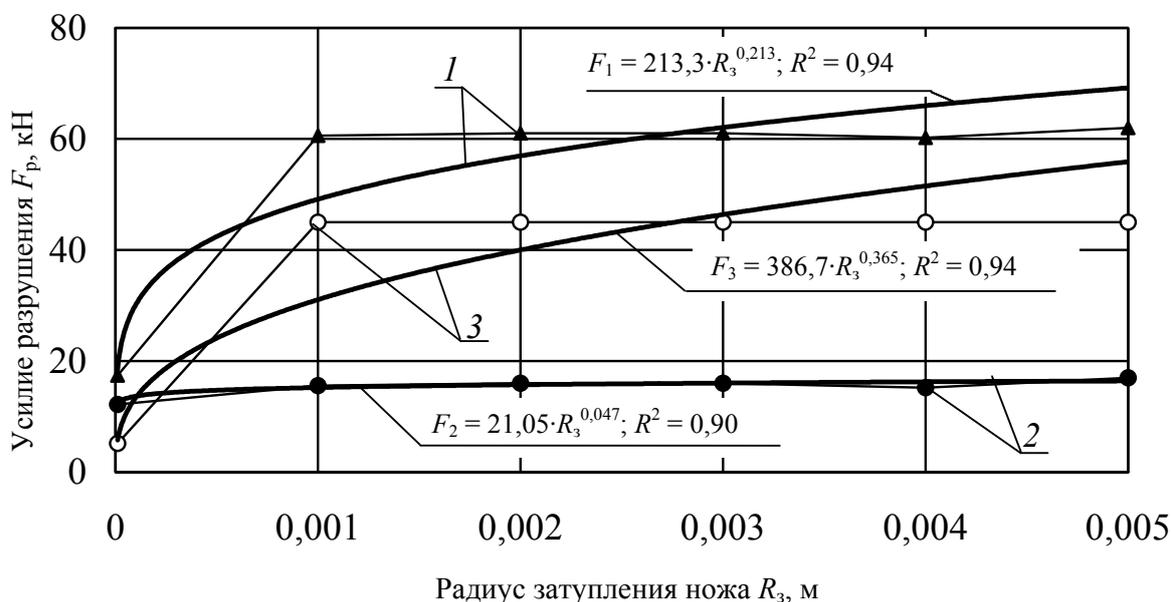


Рис. 4. Зависимость суммарного усилия и его слагаемых в процессе разрушения обработанных трубопроводов по схеме с предварительным частичным разрезанием и последующим разрывом их стенок от радиуса затупления ножа: 1, 2, 3 – усилия соответственно суммарные, разрезания и разрыва для стального трубопровода с диаметром $d_c = 0,068$ м и толщиной стенки $\delta_c = 0,004$ м

На основании полученных экспериментов была разработана конструкторская документация на изготовление натурального рабочего органа для разрушения старых трубопроводов диаметром 300 мм (рис. 5).

Итак, в ходе проведенной работы были получены следующие результаты:

1. Предложена принципиально новая конструкция рабочего органа с расширенными возможностями, позволяющими осуществлять процесс бестраншейного ремонта трубопроводов в грунтах с твердыми включениями, значительно снижая при этом возникновение внештатных ситуаций.

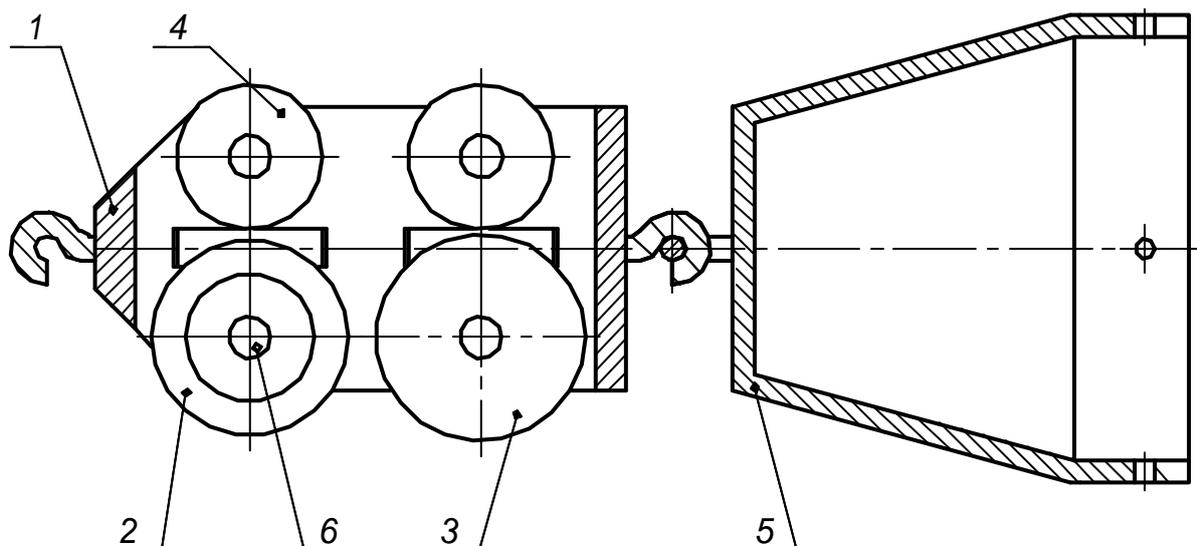


Рис. 5. Предлагаемый образец натурального рабочего органа (продольное сечение):
 1 – корпус рабочего органа; 2 – дисковый нож для надрезания старого трубопровода;
 3 – ролик для дорыва предварительно надрезанного старого трубопровода;
 4 – опорные катки; 5 – расширитель; 6 – оси

2. Установлено, что разрушение отработавших трубопроводов по схеме с частичным разрезанием их стенки по сравнению с полным разрезанием одним ножом на 10–20 % более энергоемко, что можно объяснить необходимостью многократного преодоления сил упругости. Несмотря на большую энергоемкость схема разрушения с частичным разрезанием стенки отработавших трубопроводов и последующим их разрывом роликом может быть рекомендована с целью увеличения ресурса ножей и уменьшения доли простоев, связанных с их заменой и переточкой, путем применения для повторных проходов разрывающих роликов с большим радиусом их затупления. Рекомендуемая величина выступа дискового ножа за внутреннюю поверхность отработавшего трубопровода для осуществления его надреза по предлагаемой схеме должна изменяться в пределах 1–2 толщины его стенки.

3. С уменьшением отношения величины надрезанной части стенки разрушаемого трубопровода к ее общей толщине усилия разрушения возрастают по зависимости близкой к линейной, причем разрушение трубопроводов предлагаемыми рабочими органами сопровождается на 15–85 % меньшими усилиями, чем базовыми.

4. Установлено, что усилие разрезания отработавших трубопроводов прямо пропорционально радиусу эксплуатационного затупления дисковых ножей. При этом с увеличением радиуса затупления от 0 до 5 мм усилие разрезания увеличивается в 5 раз, а от 1 до 5 мм – в 2,5 раза.

СВАРКА В УГЛЕКИСЛОМ ГАЗЕ НА МАЛЫХ ТОКАХ

А.Р. Мейстер, А.А. Флигер
Научный руководитель Р.А. Мейстер
Сибирский федеральный университет

Допускается возбуждение дуги после трех соприкосновений электрода с изделием. У сварочных выпрямителей ВДУ число коротких замыканий при зажигании дуги 1-4, а у однофазных 2-5. В отечественных и зарубежных источниках питания для улучшения зажигания дуги применяют «горячий старт», изменение скорости подачи электродной проволоки, а также их комбинации. Ни горячий старт, ни программирование подачи электродной проволоки не решают задачу надежного и управляемого зажигания дуги.

Целью работы является улучшение зажигания дуги проволоками малого диаметра и обеспечение формирования швов при силе тока более 10 А с минимальными потерями на угар и разбрызгивание.

Применялась следующая методика исследования. Дуга питалась от однофазного выпрямителя с конденсаторным множителем напряжения. При включении конденсаторов напряжение холостого хода увеличивалось в 2,82 раза.

После выпрямительного блока в цепь питания дуги включался дроссель индуктивностью 0,8-1,2 мГн. Кроме электроизмерительных приборов, электрические параметры режимов фиксировались цифровым осциллографом С9-8. Перенос металла в дуге определялся видеосъемкой и цифровым фотоаппаратом с частотой 30, 60 кад/с.

Выявлено, что при напряжении холостого хода источника питания с конденсаторным множителем напряжения 90-100 В и крутопадающей внешней характеристикой на прямой и обратной полярности касанием торцом неподвижного вылета изделия зажигается и длительно существует дуга на следующих режимах: $d_{\text{э}} = 0,8-1,6$ мм; $I_{\text{д}} = 1-10$ А, $U_{\text{д}} = 25-30$ В, расход углекислого газа 8-10 л/мин. Увеличение диаметра электродной проволоки, наличие на торце вылета холодной капли, превышающей диаметр проволоки в 2-3 раза, не ухудшает зажигание дуги. Дуга зажигается при расположении вылета под любым углом относительно изделия. Также при подсветке малоамперной дуги фиксируется вращение жидкого металла внутри капли.

На рис. 1 показано горение дуги между неподвижным вылетом диаметром 1,2 мм и изделием в углекислом газе на обратной полярности.



Рис. 1. $I_d = 4,5 \text{ A}$, $U_d = 25-30 \text{ B}$

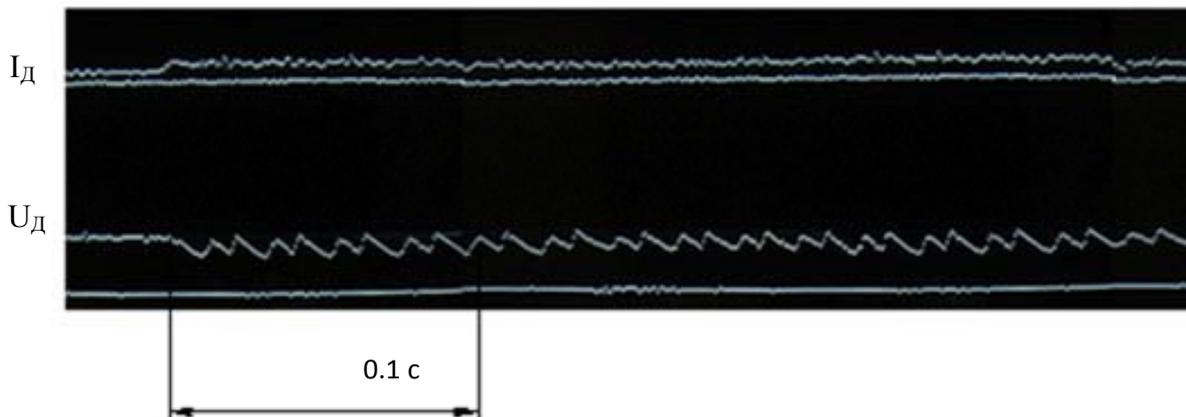


Рис. 2. Осциллограмма зажигания дуги и горения дуги; $I_d = 1,8 \text{ A}$, $U_d = 25 \text{ B}$

Осциллограмма зажигания дуги и горение дуги показана на рис. 2.

После зажигания дуги между неподвижным вылетом и изделием начинает подаваться электродная проволока, а цепь питания малоамперной дуги разрывается.

Ионизированный дуговой промежуток и наличие прослойки жидкого металла на конце вылета электродной проволоки позволяет зажигать дугу без коротких замыканий, которые обычно наблюдаются.

Осциллограмма перехода горения вспомогательной дуги на основную показана на рис. 3.

Сведения о сварке и наплавке плавящимся электродом изделий толщиной 0,5-1 мм малочисленны.

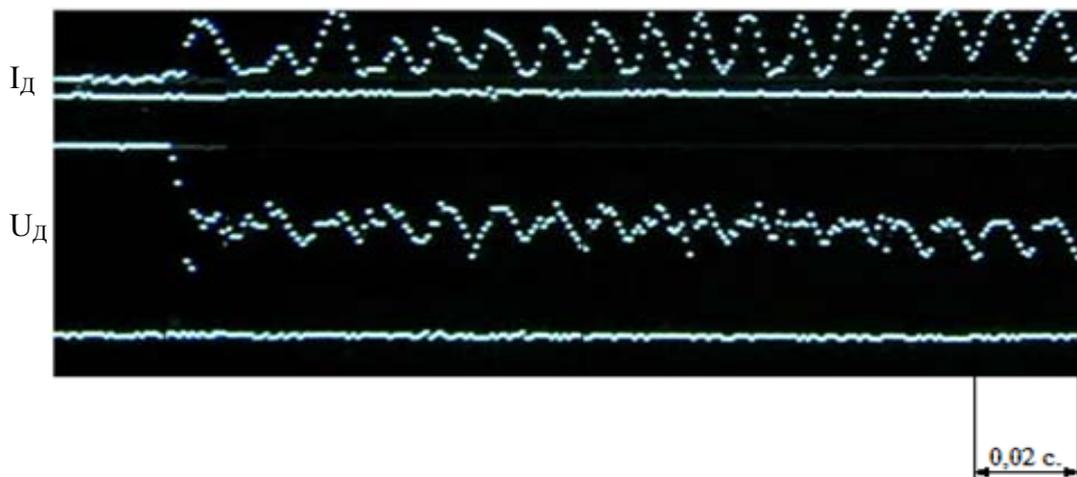


Рис. 3. $d_{\text{э}} = 1,2 \text{ мм}$; $I_{\text{д}} = 160 \text{ А}$, $U_{\text{д}} = 20 \text{ В}$

Минимальный ток, обеспечивающий формирование швов проволокой 0,8–18 А, а для проволоки 1,2–50 А.

При автоматическом управлении процессом сварки с периодически короткими замыканиями при снижении тока до 6–12 А, переход капли происходит под действием сил поверхностного натяжения.

С целью обеспечения формирования швов при минимальной силе тока наплавка осуществлялась на следующих режимах: $U_{\text{ХХ}} = 16\text{--}26 \text{ В}$ (при включенных конденсаторах в 2,82 раза больше), наклон внешней характеристики источника питания – 0,037 В/А; вылет 6–10 мм; расход углекислого газа 6–8 л/мин; скорость сварки 3,7–8 м/ч.

Выявлено, что обеспечивается формирование швов при толщине изделия 0,5 мм.

Валики, наплавленные на обратной полярности проволокой диаметром 0,8 мм, показаны на рис 4, 5.

Также проволокой Св-08Г2С диаметром 1,2 мм и минимальном напряжении дуги на обратной полярности формируются швы при силе тока 15 А и более. На рис. 6, 7 показаны наплавленные валики.

Считается, что на прямой полярности дуга горит неустойчиво и невозможно производить сварку при токах менее 100 А.

На прямой полярности проволоками диаметром 0,8; 1,2 мм формируются швы при силе тока 12 А и более. При минимальном напряжении дуги разбрызгивание не наблюдается (рис. 8).

На рис. 9 показан валик, наплавленный на прямой полярности проволокой диаметром 1,2 мм (а) и его поперечное сечение (б).

Следует отметить, что на минимальных токах формирование швов обеспечивается при индуктивности дросселя 0,8–1,2 мГн и включенных конденсаторах.



Рис 4. Наплавленный валик (а) и его обратная сторона (б).
Толщина образца 0,5 мм; $V_{II} = 53,75$ м/ч; $I_D = 12$ А, $U_D = 19$ В; ; $V_{св} = 3,7$ м/ч



Рис. 5. Валик, наплавленный на сталь толщиной 0,8 мм;
 $V_{II} = 61,2$ м/ч; $I_D = 15$ А; $U_D = 19$ В; $V_{св} = 3,7$ м/ч

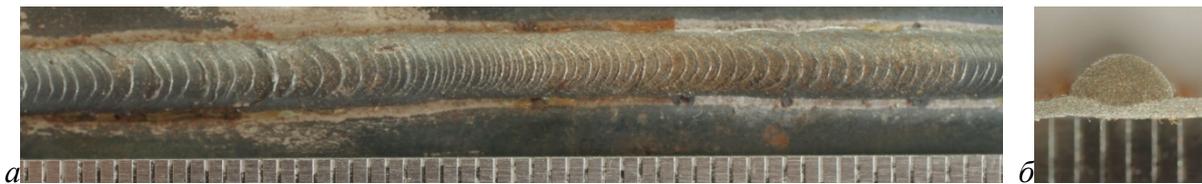


Рис. 6. Наплавленный валик (а) и его поперечное сечение (б).
 $V_{II} = 36,5$ м/ч; $I_D = 16$ А; $U_D = 19,5$ В; $V_{св} = 6,75$ м/ч. Толщина изделия 0,5 мм



Рис. 7. $V_{II} = 46,2$ м/ч; $I_D = 30$ А; $U_D = 18,5$ В; $V_{св} = 6,75$ м/ч. Толщина изделия 1 мм



Рис. 8. $V_{II} = 35,6$ м/ч; $I_D = 15$ А; $U_D = 20$ В; $V_{св} = 4,4$ м/ч. Толщина образца 1 мм



Рис. 9. $V_{II} = 53,7$ м/ч; $I_D = 21$ А; $U_D = 24$ В; $V_{св} = 3,75$ м/ч

Без дросселя и конденсаторного умножителя напряжения формирование швов ухудшается из-за увеличения токов коротких замыканий, наблюдаются прожоги и повышенное разбрызгивание.

Визуально фиксируется переход капли в ванну без взрывных явлений и отклонений от оси проволоки. В момент перехода капли происходит ее смещение в хвостовую часть ванны, что способствует чешуйчатому строению шва.

МАШИНОСТРОЕНИЕ: ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА

УДК 621.838.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ СБОРКИ ЭКСЦЕНТРИКОВОГО ПЛАНЕТАРНОГО МЕХАНИЗМА

М.С. Есина, В.В. Туч

Научные руководители Е.В. Беляков, А.В. Колотов
Сибирский федеральный университет

Эксцентрикковый планетарный механизм (ЭПМ), в отличие от классического планетарного редуктора, имеет сателлиты разных диаметров, а оси центральных колес расположены на расстоянии величины эксцентриситета e (рис. 1), вследствие чего точки выходного звена, которое совершает сложное движение, описывают различные кривые, аналогичные сателлитным кривым планетарных и дифференциальных механизмов. Таким образом, ЭПМ позволяет реализовывать сложное движение выходного звена одной ступенью при минимальном количестве звеньев, что соответственно снижает массогабаритные характеристики и увеличивает технологичность механизмов подобного класса. На рис. 1 изображена схема ЭПМ, здесь 1 – центральная шестерня; 2 и 4 – максимальный и минимальный сателлит соответственно; 3 – центральное колесо (корона); H – водило. Механизм может работать как в режиме редуктора, так и в режиме мультипликатора.

Если с выходным звеном 1 ЭПМ, представленного на рис. 1, связать исполнительный орган, то очевидно, что проектируя его соответствующим образом, можно придать исполнительному органу машины движение по требуемой траектории. На выходном звене можно разместить и несколько рабочих органов, в этом случае получим более сложные кривые, состоящие из различных отрезков, что позволит повысить эффективность механизма, например, применительно к процессу плоского шлифования торцом круга.

Для обеспечения многовариантности решения по воспроизведению сложного закона движения выходного звена разработана информационно-аналитическая система сопровождения, расчета и анализа ЭПМ в среде

программирования Borland Delphi. После запуска программы откроется главное окно системы, в котором предоставляется выбор, с какого раздела начать исследование механизма (рис. 2).

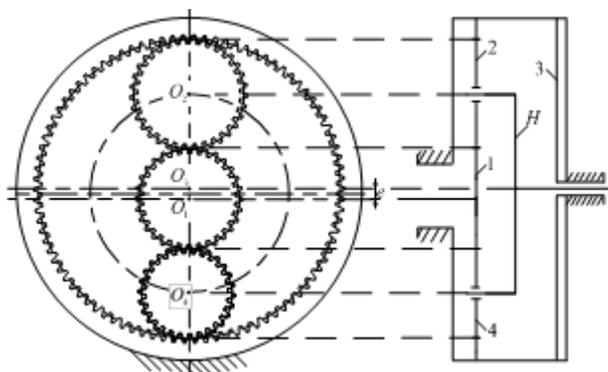


Рис. 1. Схема эксцентрикового планетарного механизма



Рис. 2. Вид главного окна информационно-аналитической системы

При нажатии кнопки «Траектория движения точки выходного звена» на экране монитора появляется окно, вид которого дан на рис. 3. Исходными данными при проектировании ЭПМ с заданным законом движения выходного звена, применительно к схеме, представленной на рис. 1, являются: эксцентриситет механизма $e = 5 \text{ мм}$, передаточное отношение $U_{1H}^3 = 4$ и значение параметра λ , характеризующего координаты расположения точки выходного звена. После ввода этих параметров расчетный модуль построит траекторию движения точки, принадлежащей выходному звену. В зависимости от сочетания величин исходных параметров можно получить большое количество видов траекторий.

Очевидно, что для обеспечения работоспособности ЭПМ необходимо подобрать сочетания чисел зубьев всех колес, обеспечивающих требуемую траекторию движения исполнительного органа, совершающего сложное движение. После выбора вида траектории движения исполнительного органа в главном окне программы необходимо нажать кнопку «Подбор чисел зубьев» (рис. 3), что обеспечит переход программы к соответствующим действиям.

Подбор чисел зубьев осуществляется по исходным данным, в качестве которых выступает передаточное отношение U_{13}^H между центральной шестерней 1 и центральным колесом 3, при условно остановленном водиле H :

$$U_{1H}^3 = 1 - U_{13}^H. \quad (1)$$

Представим передаточное отношение в виде дроби:

$$U_{13}^H = b/a, \quad (2)$$

где a и b – взаимно простые числа.

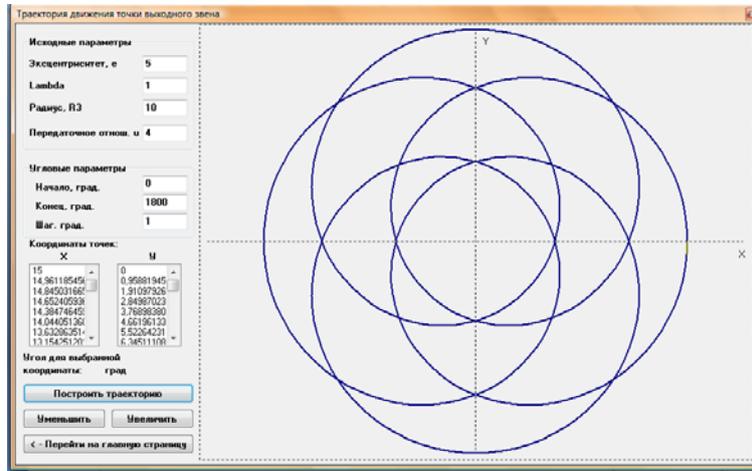


Рис. 3. Окно «Траектория движения точки выходного звена ЭПМ»

С другой стороны, выразим передаточное отношение через числа зубьев колес, каждое из которых заменим совокупностью множителей:

$$U_{13}^H = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_3}{z_2} = \frac{x \cdot \delta}{a \cdot \delta} \cdot \frac{b \cdot \delta}{x \cdot \delta}, \quad (3)$$

либо

$$U_{13}^H = \frac{z_4}{z_1} \cdot \frac{z_3}{z_4} = \frac{x \cdot \delta}{a \cdot \delta} \cdot \frac{b \cdot \delta}{x \cdot \delta}. \quad (4)$$

Выполнив преобразования с учетом соотношений (3) или (4), получим равенства, позволяющие произвести расчет чисел зубьев колес, необходимых для обеспечения требуемого вида траектории движения (рис. 3), а также удовлетворяющие заданному передаточному отношению $U_{1H}^3 = 4$ и условию несоосности ЭПМ, в следующем виде:

$$\text{или} \quad z_1 = a \cdot \delta = (2 \cdot m \cdot a^2 \pm e \cdot a \cdot \cos \phi_0) \cdot \frac{c}{d} \quad (5)$$

$$z_1 = a \cdot \delta = a \cdot (m \cdot (b - a) \pm e \cdot \cos \phi_0) \cdot \frac{c}{d},$$

$$\text{или} \quad z_2 = x \cdot \delta = x \cdot (2 \cdot m \cdot a \pm e \cdot a \cdot \cos \phi_0) \cdot \frac{c}{d} \quad (6)$$

$$z_2 = x \cdot \delta = x \cdot (m \cdot (b - a) \pm e \cdot \cos \phi_0) \cdot \frac{c}{d},$$

$$z_3 = b \cdot \delta = b \cdot (2 \cdot m \cdot a \pm e \cdot a \cdot \cos \phi_0) \cdot \frac{c}{d} \quad (7)$$

или

$$z_3 = b \cdot \delta = b \cdot (m \cdot (b - a) \pm e \cdot \cos \phi_0) \cdot \frac{c}{d}.$$

В зависимостях (5...7) знак «+» соответствует условию несоосности минимального сателлита, а знак «-» соответствует условию несоосности максимального сателлита. Наличие двух условий при определении чисел зубьев колес является следствием существования для ЭПМ двух условий несоосности, которые определяться или относительно максимального или минимального сателлита.

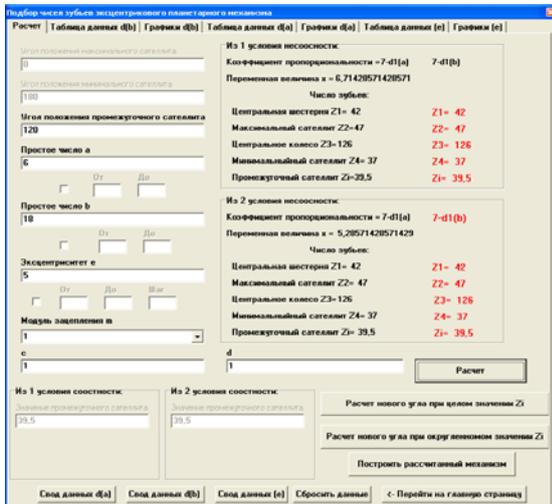


Рис. 4. Вид окна «Подбор чисел зубьев эксцентрикового планетарного механизма»

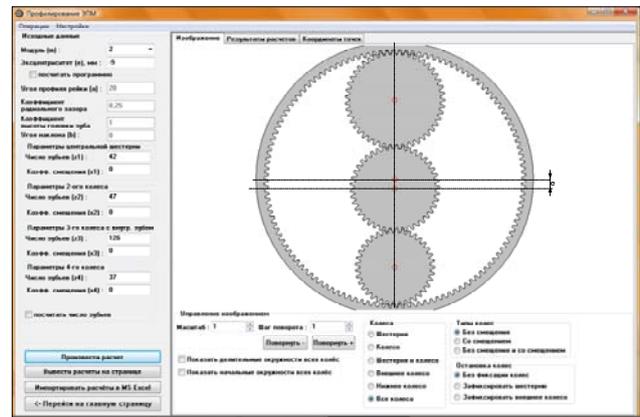


Рис. 5. Окно «Моделирование сборки эксцентрикового планетарного механизма»

Параметр x , содержащийся в зависимостях (5...7), является переменной величиной, значение которой зависит от эксцентриситета механизма и определяется следующим отношением:

$$x = \frac{a \cdot \delta + e \cdot \cos \phi_i}{\delta}, \quad (8)$$

где ϕ_i – угол положения текущего (промежуточного) сателлита.

При нажатии на кнопку «Расчёт» программа рассчитает значения чисел зубьев колес (рис. 4). После проведенных вычислений нажатием кнопки «Построить рассчитанный механизм» производится открытие окна моделирования зацеплений всех зубчатых колес ЭПМ. При выборе данного модуля происходит переход к окну «Профилирование ЭПМ» (рис. 5). Переход в данный модуль обеспечивает перенос ранее рассчитанных чисел зубьев в раздел построения. При нажатии на кнопку «Произвести расчёт»

информационно-аналитическая система произведёт расчёт с последующим моделированием схемы ЭПМ с учетом рассчитанных числам зубьев.

С целью оптимизации величин показателей качества всех зацеплений зубчатых колес ЭПМ в данном модуле предусмотрена возможность осуществления вариации значений коэффициентов относительного смещения, что позволяет моделировать зацепления зубчатых колес с различными геометрическими параметрами. Для этого предусмотрены опции ввода значений коэффициентов относительного смещения (рис. 5) для каждого зубчатого колеса ЭПМ. На рис. 6, *а* показано зацепление центральной шестерни 1 с сателлитом 2 при числах зубьев колес $Z_1 = 42$ и $Z_2 = 47$ с коэффициентами относительного смещения $x_1 = x_2 = 0$. Зацепление сателлита 2 с корончатым колесом 3 при числах зубьев $Z_2 = 42$ и $Z_3 = 126$ соответственно и коэффициентах относительного смещения $x_2 = x_3 = 0$ дано на рисунке 6, *б*. При вводе в соответствующие поля модуля «Профилирование ЭПМ» значений коэффициентов относительного смещения и нажатия кнопки «Произвести расчет» получим изображение зацепления всех колес с учетом принятых значений. На рис. 6, *в* показано зацепление центральной шестерни 1 с сателлитом 2 при числах зубьев $Z_1 = 42$ и $Z_2 = 47$ и коэффициентах относительного смещения $x_1 = 0,2$ и $x_2 = -0,2$. Зацепление сателлита 2 с корончатым колесом 3 при числах зубьев $Z_2 = 42$ и $Z_3 = 126$ соответственно и коэффициентах относительного смещения $x_2 = -0,2$ и $x_3 = -0,3$ дано на рисунке 6, *г*.

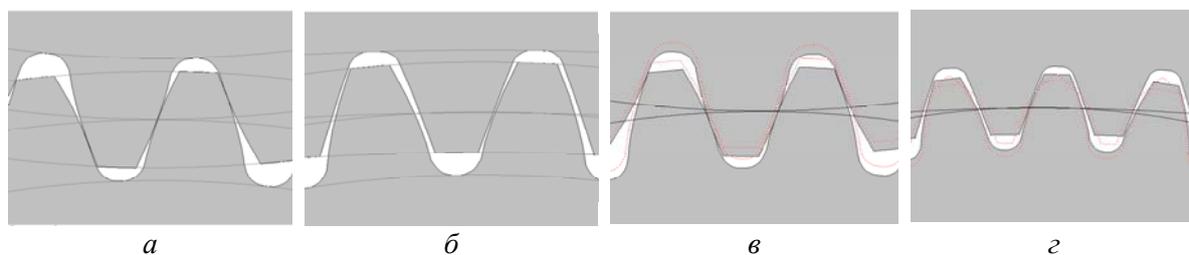


Рис. 6. Моделирование зацепления зубчатых колес

Представленные зависимости (5...7) позволяют произвести вычисления величин эксцентричного планетарного механизма, обеспечивающих требуемые виды траекторий движения точек выходного звена, удовлетворяющих заданному передаточному отношению, условиям заданной несососности, сборки и соседства при разном количестве сателлитов. Применение информационно-аналитической системы сопровождения, расчета и анализа ЭПМ позволяет получить большое количество сочетаний чисел зубьев с заданными коэффициентами смещения и смоделировать сборку ЭПМ за достаточно небольшой промежуток времени, что повышает эффективность комплексного исследования механизма.

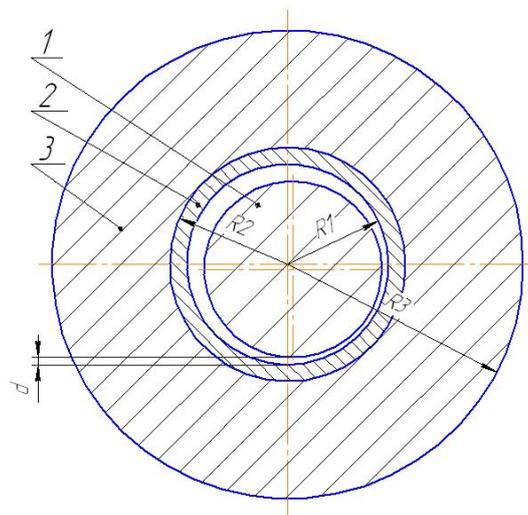
РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦИИ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПОДШИПНИКА СКОЛЬЖЕНИЯ

В.А. Иванов

Научный руководитель Н.В. Еркаев
Сибирский федеральный университет

При больших нагрузках в подшипниках скольжения необходимо учитывать деформации рабочих поверхностей, зависящих от распределения давления в смазочном слое. При этом расчет деформаций надо выполнять одновременно с расчетом давлений во всем смазочном слое. Для этого необходимо задавать уравнение связи между локальной деформацией и давлением, которое существенно усложняется при наличии вкладышей. Разработка методики реконструкции такого уравнения составляет цель данной работы.

Для иллюстрации методики рассмотрим подшипник скольжения, состоящий из стального цилиндра и тонкого вкладыша из бронзы (рис. 1). Геометрические параметры подшипника: $R_1 = 0,03$ м; $R_2 = 0,035$ м; $R_3 = 0,1$ м.



*Рис. 1. Схема подшипника скольжения:
1 – вал; 2 – бронзовый вкладыш; 3 – стальная оболочка*

Характеристики материалов: $E_{\text{Бр}} = 1,08 \cdot 10^{11}$ Па – модуль упругости бронзы; $E_{\text{Ст}} = 2,1 \cdot 10^{11}$ Па – модуль упругости стали; $m_{\text{Бр}} = 0,34$ Па – модуль Юнга бронзы; $m_{\text{Ст}} = 0,3$ Па – модуль Юнга стали.

Распределение давления P в смазочном слое подшипника скольжения конечной длины определяется известным уравнением Рейнольдса:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{h^3}{12\mu} \frac{\partial p}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{h^3}{12\mu} \frac{\partial p}{\partial y} \right) = \frac{\partial hu}{\partial x} + \alpha \frac{\partial p}{\partial t}, \quad (1)$$

где: h – толщина зазора; μ – динамический коэффициент вязкости; u – полусумма скоростей границ; α – релаксационный параметр; применяемый в методах установления.

Уравнение (1) решаем численным методом установления по неявной схеме, применяя конечно-разностную аппроксимацию. Полученное в результате решения уравнения (1) распределение давления (рис. 2) использовалось для расчета упругих деформаций стальной оболочки со вкладышем. Для этого применялся программный комплекс ANSYS. При этом перемещения по внешнему радиусу стальной оболочки предполагались равными нулю.

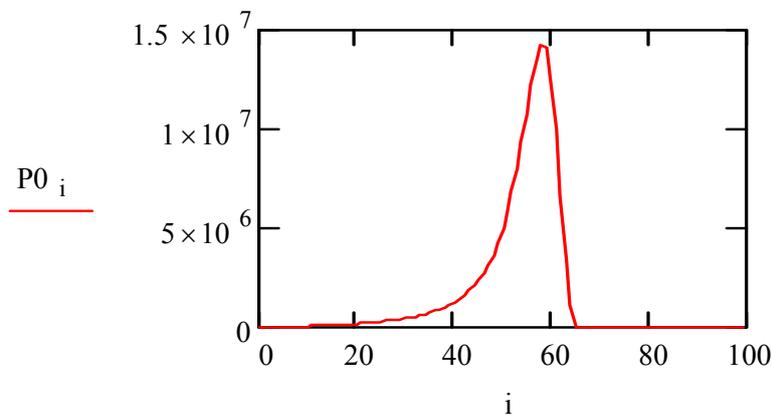


Рис. 2. Распределение давления в смазочном слое

Смоделировав подшипник и задав все необходимые параметры, получаем значения деформации вкладыша и стальной оболочки, показанные на рис. 3.

Значения деформаций, полученные с помощью пакета ANSYS, сравнивались с аналитическими результатами по приближенной формуле, основанной на известной гипотезе Винклера, предполагающей пропорциональность прогиба тонкого вкладыша и локального давления в смазочной пленке:

$$\delta = D \cdot P, \quad D = \frac{(R_2 - R_1)}{E} \cdot \frac{(1 + m)(1 - 2m)}{(1 - m)}. \quad (2)$$

Выполнив расчет по формуле Винклера для бронзового вкладыша, получаем значения деформации вкладыша, показанные на рис. 4.

Из представленного выше расчета можно сделать вывод, что приближенная формула (2) дает неверный результат для двухслойного под-

шипника, так как она не учитывает деформацию стальной оболочки. Так же расчеты показывают, что чем толще оболочка вкладыша, тем больше его деформация и, следовательно, больше расхождение с теоретической формулой. Поэтому для повышения точности расчета деформации вкладыша предлагается более общая интегральная формула, учитывающая не-локальную связь прогиба с давлением:

$$\delta(\varphi) = \int_0^{2\pi} P(\varphi')K(\varphi - \varphi')d\varphi', \quad (3)$$

где: $\delta(\varphi)$ – функция прогиба вкладыша; $P(\varphi)$ – функция распределения давления; $K(\varphi - \varphi')$ – функция податливости.

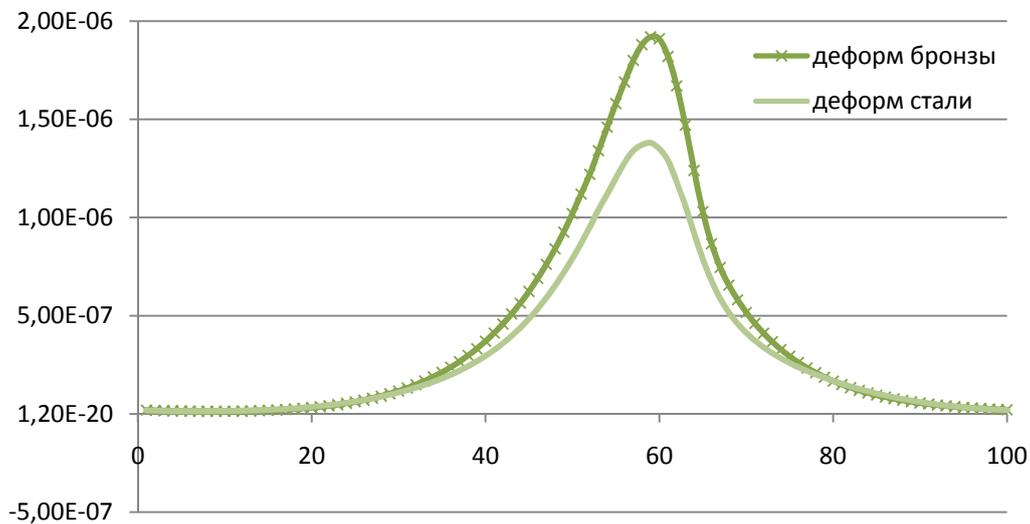


Рис. 3. Деформации вкладыша и оболочки

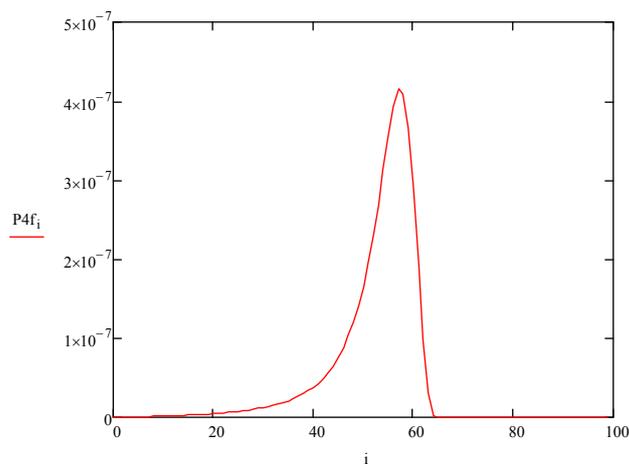


Рис. 4. Прогиб втулки, рассчитанный по формуле Винклера

Далее применяем разложение в ряды Фурье:

$$P(\varphi) = \sum_{k=0}^{\infty} (A_k \cos(k\varphi) + B_k \sin(k\varphi)), \quad \delta(\varphi) = \sum_{k=0}^{\infty} (D_k \cos(k\varphi) + C_k \sin(k\varphi)),$$

$$K(\varphi) = \sum_{k=0}^{\infty} (M_k \cos(k\varphi) + N_k \sin(k\varphi)).$$

Неизвестные коэффициенты M_k и N_k определяем из системы уравнений:

$$M_k \int_0^{2\pi} P(\varphi') \sin(k\varphi') d\varphi' + N_k \int_0^{2\pi} P(\varphi') \cos(k\varphi') d\varphi' = \int_0^{2\pi} \delta \sin(k\varphi) \cdot d\varphi,$$

$$M_k \int_0^{2\pi} P(\varphi') \cos(k\varphi') d\varphi' - N_k \int_0^{2\pi} P(\varphi') \sin(k\varphi') d\varphi' = \int_0^{2\pi} \delta \cos(k\varphi) \cdot d\varphi.$$

Используя найденное ранее распределение давления в слое и рассчитанные по программе ANSYS деформации, определяем коэффициенты Фурье:

$$M_k = \frac{1}{2\pi} \frac{X_k C_k + Y_k D_k}{X_k^2 + Y_k^2}, \quad N_k = \frac{1}{2\pi} \frac{Y_k C_k + X_k D_k}{X_k^2 + Y_k^2},$$

где:

$$Y_k = \sum_{i=0}^{\infty} P_i \cos(k\varphi_i) \cdot \Delta\varphi, \quad X_k = \sum_{i=0}^{\infty} P_i \sin(k\varphi_i) \cdot \Delta\varphi,$$

$$C_k = \sum_{i=0}^{\infty} \delta_i \sin(k\varphi_i) \cdot \Delta\varphi, \quad D_k = \sum_{i=0}^{\infty} \delta_i \cos(k\varphi_i) \cdot \Delta\varphi.$$

Здесь суммирование проводится по узлам расчетной сетки.

Полученная формула для функции податливости $K(\varphi - \varphi')$ может применяться для любых распределений давления в слое для данной конструкции подшипника. Для проверки формулы (3) делаем расчет деформации вкладыша подшипника скольжения для другого распределения давления с помощью пакета Ansys. Расчет выполняется для подшипника, описанного в начале статьи. Результаты расчетов представлены на рис. 5.

Формула (3) показала результат, завышенный всего на 3 %, что может быть связано с численной погрешностью метода ANSYS.

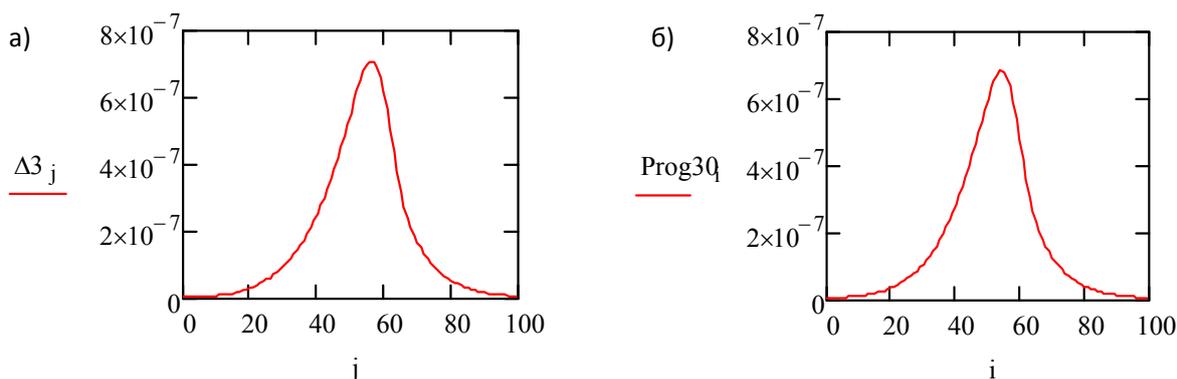


Рис. 5. а – прогиб вкладыша, рассчитанный по формуле (3);
 б – прогиб вкладыша, вычисленный пакетом Ansys

Закключение. Предложен метод восстановления функции податливости на основе предварительного расчета давления в смазочном слое без учета деформаций и пакета ANSYS. Распределение этого давления используется для вычисления по программе ANSYS соответствующих деформаций и, в конечном итоге, определения коэффициентов Фурье для искомой функции податливости. В результате получена функция податливости, представленная в форме разложения Фурье, которая не зависит от конкретного распределения давления в смазочном слое. Она может использоваться в дальнейшем совместно с уравнением Рейнольдса для самосогласованного расчета давлений и деформаций при проектировании подшипника скольжения в различных режимах.

УДК 550.3

ГАМИЛЬТОНОВА МОДЕЛЬ КОЛЕБАНИЯ МАГНИТНОЙ СТРУНЫ

А.А. Лопатина

Научный руководитель Н.В. Еркаев

Сибирский федеральный университет

Равновесные конфигурации магнитного поля в электропроводящей среде характеризуются балансом сил Лоренца и градиента давления. В двумерном случае известны точные аналитические решения, описывающие распределения равновесных компонентов магнитного поля и давления среды. На рис. 1 показаны распределения магнитных силовых линий, соответствующих одному из наиболее известных равновесных решений такого рода, полученному Каном.

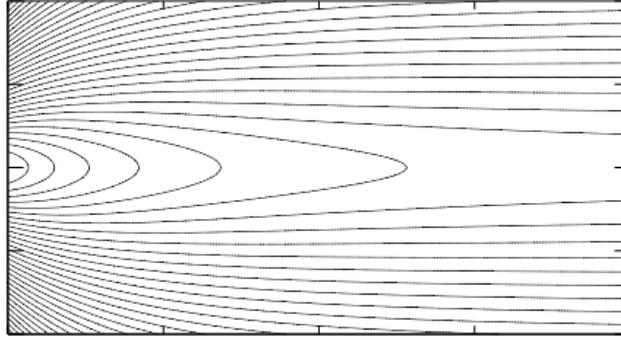


Рис. 1. Равновесное состояние силовых линий магнитного поля

Это решение, в частности, применяют для моделирования магнитного поля в хвосте магнитосферы Земли. В случае достаточно высокой электропроводности магнитные силовые линии непосредственно связаны с частицами среды, смещения которых приводят к деформациям силовых линий. Показано, что перемещения тонкого пучка магнитных силовых линий, называемого магнитной трубкой или магнитным филаментом, могут описываться уравнениями магнитной струны:

$$\frac{\partial^2 z}{\partial t^2} - \frac{\partial}{\partial \alpha} \left(\frac{\rho \partial z}{\partial \alpha} \right) + \frac{\partial \Pi}{\partial z} = 0, \quad \frac{\partial^2 x}{\partial t^2} - \frac{\partial}{\partial \alpha} \left(\frac{\rho \partial x}{\partial \alpha} \right) + \frac{\partial \Pi}{\partial x} = 0. \quad (1)$$

Уравнения (1) можно записать в форме Гамильтона:

$$\frac{\partial \vec{r}}{\partial t} = - \frac{\delta H}{\delta \vec{r}}, \quad \frac{\partial \vec{r}}{\partial t} = \frac{\delta H}{\delta \dot{\vec{r}}}, \quad (2)$$

где функция Гамильтона выражается интегралом вдоль магнитной силовой линии:

$$H = \int_{-\alpha_0}^{\alpha_0} \left(\left(\frac{\partial r}{\partial t} \right)^2 \cdot \frac{1}{2} + \rho \cdot \left(\frac{\partial r}{\partial \alpha} \right)^2 \cdot \frac{1}{2} + \frac{K \rho^{(k-1)}}{k-1} + \Pi/\rho \right) d\alpha, \quad (3)$$

здесь α – переменная Лагранжа; меняющая вдоль струны; ρ – плотность вещества; $\frac{\partial r}{\partial t}$ – скорость; K – постоянная; зависящая от температуры; k – адиабатическая постоянная адиабаты; Π – полное фоновое давление; определяемое по известному равновесному состоянию; $r(\alpha)$ – вектор функция; определяющая пространственную конфигурацию магнитной силовой линии.

Перемещения вдоль оси x и z представляем в виде суммы:

$$x = x_0(\alpha, t) + x_1(\alpha, t), \quad z = z_0(\alpha, t) + z_1(\alpha, t),$$

где $x_0(\alpha, t)$ и $z_0(\alpha, t)$ начальные невозмущенные координаты, а $x_1(\alpha, t)$ и $z_1(\alpha, t)$ – возмущения, которые находим с помощью разложения в ряды Фурье:

$$z_1(\alpha, t) = \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cos \left[\frac{\pi \cdot (2(k-1) + 1) \cdot \alpha}{2 \cdot \alpha_0} \right],$$

$$x_1(\alpha, t) = \sum_{k=1}^{\infty} b_k \cos \left[\frac{\pi \cdot (2(k-1) + 1) \cdot \alpha}{2 \cdot \alpha_0} \right],$$

здесь α_0 – заданный параметр, связанный с длиной рассматриваемого отрезка магнитной силовой линии. Рассматривая режим достаточно медленных колебаний, пренебрегаем изменениями плотности и полагаем $\rho = 1$ в безразмерных переменных.

Для коэффициентов Фурье получаем систему обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$\frac{da_k}{dt} - (2k + 1)^2 \frac{\pi^2}{4 \cdot \alpha_0^2} a_k + \int_{-1}^1 \left[f_1(x_1, z_1, \alpha) \cdot \cos \left(\frac{\pi}{2} \cdot \alpha \cdot [2k + 1] \right) \right] d\alpha = 0, \quad (4)$$

$$\frac{db_k}{dt} - (2k + 1)^2 \frac{\pi^2}{4 \cdot \alpha_0^2} b_k + \int_{-1}^1 \left[f_2(x_1, z_1, \alpha) \cdot \cos \left(\frac{\pi}{2} \cdot \alpha \cdot [2k + 1] \right) \right] d\alpha = 0, \quad (5)$$

где

$$f_1(x_1, z_1, \alpha) = \frac{\partial \Pi(x_0 + x_1, z_0 + z_1)}{\partial z} - \frac{\partial \Pi(x_0, z_0)}{\partial z_0},$$

$$f_2(x_1, z_1, \alpha) = \frac{\partial \Pi(x_0 + x_1, z_0 + z_1)}{\partial x} - \frac{\partial \Pi(x_0, z_0)}{\partial x_0}.$$

Система уравнений (4, 5) интегрировалась численно с использованием пакета MATHECAD для $N = 10$ при начальных условиях:

$$z_1(\alpha, 0) = A \cdot \cos \left(\alpha \cdot \frac{\pi}{2} \right),$$

$$a_k = \int_{-1}^1 z_1(\alpha, 0) \cdot \cos \left[\frac{\pi \cdot (2k + 1) \cdot \alpha}{2} \right] d\alpha, \quad b_k = 0. \quad (6)$$

Результаты расчетов представлены на рис. 2, 3.

Минимальное значение периода зависит от второй производной полного давления при $z = 0$ и хорошо аппроксимируется простой аналитической формулой:

$$\tau = 2\pi \sqrt{\frac{1}{\rho} \frac{\partial^2 \Pi}{\partial z^2}} = 174. \quad (7)$$

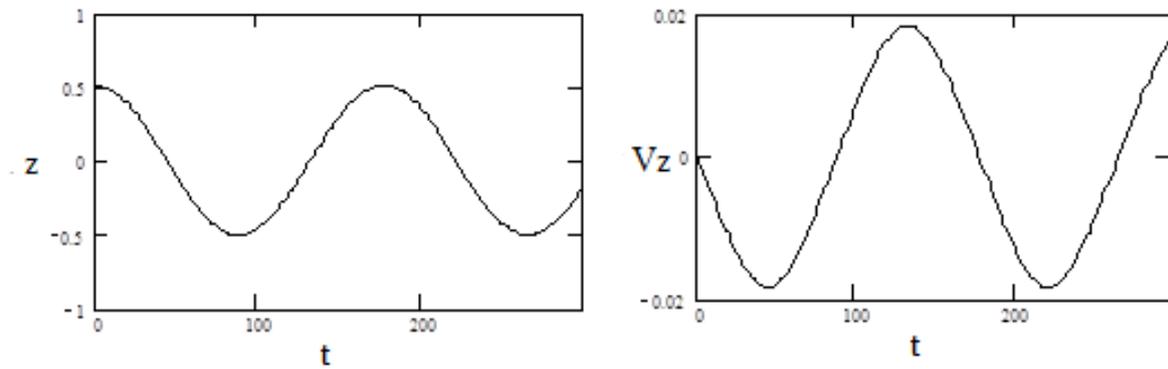


Рис. 2. Зависимость координаты (z) и вертикальной скорости (Vz) от времени

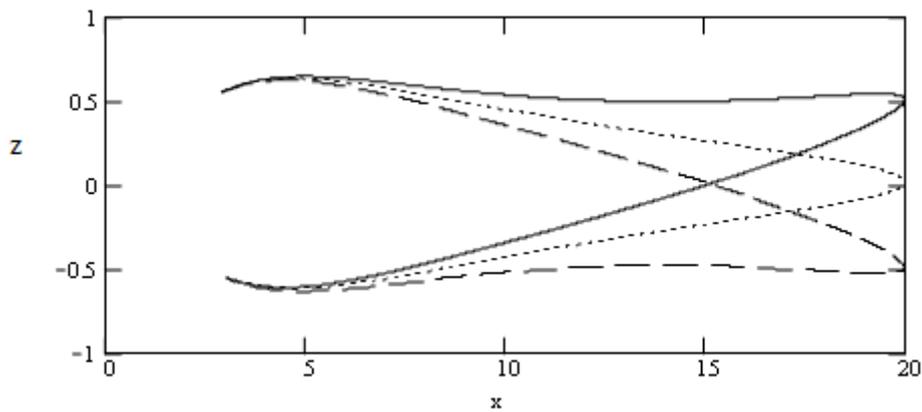


Рис. 3. Конфигурации магнитной струны в различных фазах колебаний
 1 – при максимальном смещении вверх; 2 – в среднем положении;
 3 – при максимальном смещении вниз

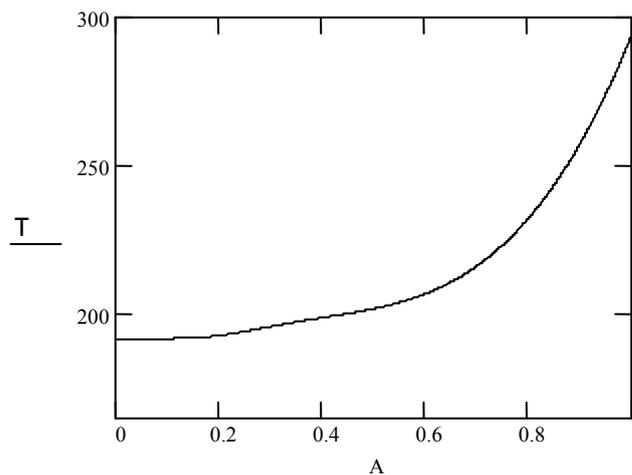


Рис. 4. Зависимость периода колебаний T от амплитуды A

Найденное по графику (рис. 4) значение периода при амплитуде 0,5 равно 177, что довольно близко значению, определяемому формулой (7).

Выводы. На основе Фурье аппроксимации исследованы колебания магнитной струны конечной амплитуды. Построены конфигурации маг-

нитной струны для различных фаз колебаний. Найдена зависимость периода колебаний от амплитуды. Результаты расчетов показывают, что колебания изохронны до амплитуд 0,2. Предложена аналитическая формула для оценки минимального периода. При больших амплитудах начинается заметный рост периода колебаний. Объектом приложения разработанной модели являются так называемые флэппинг колебания, наблюдаемые в хвосте магнитосферы Земли. Модель позволяет интерпретировать имеющиеся наблюдения и дает адекватную оценку периода флэппинг колебаний.

УДК. 621.838.2

АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ УГЛА ПОДЪЕМА ЭКСЦЕНТРИКА ЭМК ОТ РАДИУСОВ ТЕЛ КАЧЕНИЯ

Ю.Г. Серебренникова, Д.Д. Селин
Научные руководители М.А. Мерко, М.В. Меснянкин
Сибирский федеральный университет

Структура эксцентрикового механизма качения (ЭМК) образована совокупностью тел качения с диаметрами разной величины, наружного и внутреннего колец с дорожками качения. Для ЭМК характерно наличие нескольких вариантов структурных симметричных схем (рис. 1), каждая из которых может быть реализована как при наличии, так и при отсутствии зазора между телами качения.

Используя программный комплекс (ПК) «Эксцентрик», группой студентов под руководством научных руководителей поручено решение задачи по определению величин геометрических параметров для каждой схемы эксцентрикового механизма качения по двум направлениям ввода поправки в выполняемые вычисления, как при наличии, так и отсутствии зазора между телами качения. Исходными данными являлись $R_2 = 60$ мм, $R_1 = 40$ мм, $e = 4$ мм и $c = 5$ мм, где R_2 , R_1 , e и c – радиусы дорожек качения наружного и внутреннего колец, эксцентриситет и зазор между телами качения. Полученные результаты представлены в табл. 1.

Анализ данных табл. 1 показывает, что число тел качения практически не оказывает влияния на величину угла подъема эксцентрика при любом варианте структурной схемы ЭМК для любого направления ввода поправки в расчет геометрических параметров, а также как при наличии, так и при отсутствии зазора между телами качения.

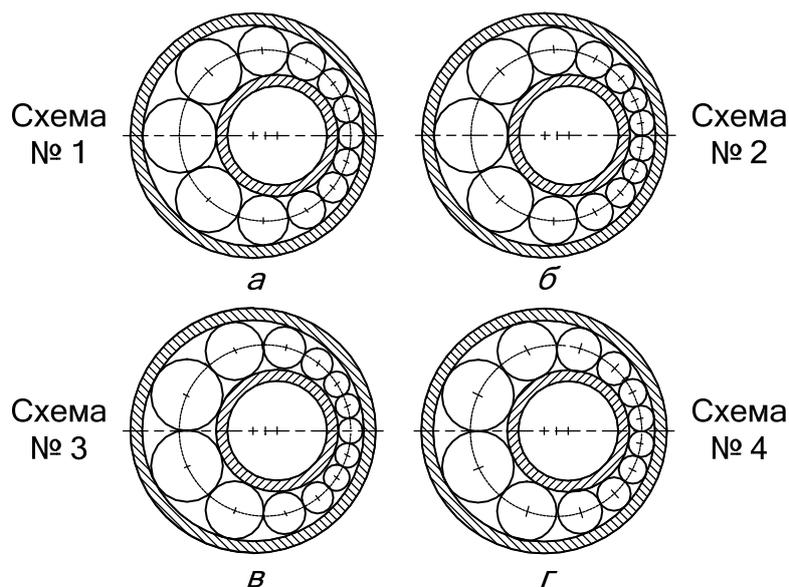


Рис. 1. Варианты структурных симметричных схем ЭМК

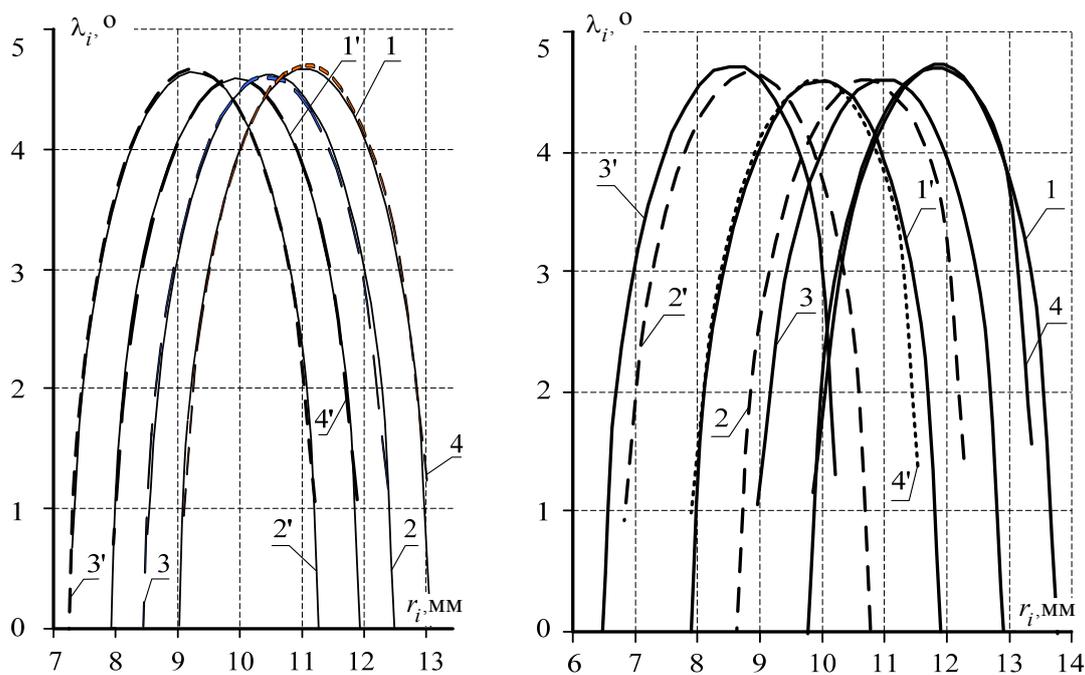
По данным таблицы 1 выполнен синтез диаграмм изменения угла подъема эксцентрика от радиусов тел качения для всех видов структурных схем эксцентрикового механизма по обоим направлениям ввода поправки, а также как при наличии, так и при отсутствии зазора между телами качения (рис. 2).

Таблица 1. Геометрические параметры ЭМК

Схема ЭМК	№ 1 (рис. 1, а) без зазора				№ 2 (рис. 1, б) без зазора			
	по R_1		по R_2		по R_1		по R_2	
Поправка	$R_1 = 37,94$ мм		$R_2 = 59,86$ мм		$R_1 = 39,02$ мм		$R_2 = 58,54$ мм	
	r_i , мм	λ_i , °	r_i , мм	λ_i , °	r_i , мм	λ_i , °	r_i , мм	λ_i , °
1	13,03	0	11,93	0	12,49	0	11,27	0
2	12,7523	2,3804	11,7055	2,1140	12,2401	2,2420	11,0641	2,056
3	12,0335	4,0498	11,1103	3,7071	11,5849	3,8753	10,5141	3,6437
4	11,1263	4,6759	10,3244	4,5012	10,7383	4,5944	9,7774	4,5007
5	10,2655	4,3262	9,5292	4,4982	9,9074	4,4297	9,0161	4,6152
6	9,5942	3,2600	8,8474	3,8611	9,2253	3,5879	8,3437	4,124
7	9,1757	1,7553	8,3411	2,8478	8,7552	2,3052	7,8198	3,2051
8	9,03	0	8,0334	1,4584	8,51	0,7835	7,4673	2,0160
9	–	–	7,93	0	–	–	7,2915	0,6737
Схема ЭМК	№ 3 (рис. 1, в) без зазора				№ 4 (рис. 1, г) без зазора			
	по R_1		по R_2		по R_1		по R_2	
Поправка	$R_1 = 39,1$ мм		$R_2 = 58,52$ мм		$R_1 = 37,86$ мм		$R_2 = 59,88$ мм	
	r_i , мм	λ_i , °	r_i , мм	λ_i , °	r_i , мм	λ_i , °	r_i , мм	λ_i , °
1	12,3863	1,1580	11,2074	1,0602	12,9980	14,8076	11,8824	1,0936
2	11,9151	3,1500	10,8140	2,9304	12,4691	29,1483	11,4536	3,0013
3	11,1402	4,3425	10,1495	4,1685	11,6175	27,9137	10,7375	4,209

4	10,2833	4,61047	9,3833	4,6449	10,7061	26,3011	9,9267	4,5902
5	9,5162	4,0918	8,6564	4,4370	9,9277	24,7138	9,1767	4,2433
6	8,9337	3,0180	8,0536	3,7125	9,3813	23,4381	8,5781	3,3625
7	8,5746	1,6087	7,6135	2,6431	9,1041	22,6301	8,1702	2,1394
8	8,45	0	7,3485	1,3698	–	–	7,9655	0,7310
9	–	–	7,26	0	–	–	–	–
Схема ЭМК	№ 1 (рис. 1, а) с зазором				№ 2 (рис. 1, б) с зазором			
Поправка	по R_1		по R_2		по R_1		по R_2	
	$R_1 = 36,46$ мм		$R_2 = 59,8$ мм		$R_1 = 38,18$ мм		$R_2 = 57,58$ мм	
	r_i , мм	λ_i , °	r_i , мм	λ_i , °	r_i , мм	λ_i , °	r_i , мм	λ_i , °
1	13,77	0	11,9	0	12,91	0	10,79	0
2	13,3410	3,0247	11,5832	2,5775	12,5369	2,8348	10,5074	2,5023
3	12,2605	4,6347	10,7489	4,2396	11,5758	4,4538	9,7534	4,1904
4	11,0330	4,3600	9,7035	4,5637	10,4285	4,4781	8,7827	4,685
5	10,1161	2,6672	8,7609	3,7145	9,4810	3,1707	7,8652	4,0791
6	9,77	0	8,1253	2,0757	8,9669	1,0638	7,1828	2,7234
7	–	–	7,9	0	–	–	6,8289	0,8998
Схема ЭМК	№ 3 (рис. 1, в) с зазором				№ 4 (рис. 1, г) с зазором			
Поправка	по R_1		по R_2		по R_1		по R_2	
	$R_1 = 38,74$ мм		$R_2 = 56,98$ мм		$R_1 = 36,42$ мм		$R_2 = 59,7$ мм	
	r_i , мм	λ_i , °	r_i , мм	λ_i , °	r_i , мм	λ_i , °	r_i , мм	λ_i , °
1	12,2739	1,4527	10,2165	1,3079	13,3596	1,5639	11,5348	1,3637
2	11,8542	3,7587	9,8891	3,4701	12,8597	4,0891	11,1604	3,5314
3	10,7616	4,6343	8,9983	4,6103	11,6115	4,7130	10,1635	4,5563
4	9,6783	3,9992	8,0291	4,5488	10,4862	3,5289	9,1264	4,2128
5	8,9134	2,3011	7,2116	3,5338	9,8574	1,1698	8,3206	2,8853
6	8,63	0	6,6776	1,9118	–	–	7,8958	0,9777
7	–	–	6,49	0	–	–	–	–

Анализ диаграмм (рис. 2) показывает, что функциональные зависимости для любого вида структурной схемы ЭМК имеют одинаковый параболический характер изменения величины угла подъема эксцентрика ЭМК от радиусов тел качения. Максимальные величины угла подъема эксцентрика принимают для промежуточных тел качения, имеющих радиусы, лежащие в середине диапазона величин данного параметра для любого вида структурной схемы эксцентрикового механизма качения, как при наличии, так и при отсутствии зазора между телами качения при обоих направлениях ввода поправки. Рост значения угла подъема эксцентрика наблюдается по мере приближения величин радиусов промежуточных тел качения к середине диапазона величин данного параметра. В то же время минимальные значения угла подъема эксцентрика характерны как для максимальных, так и для минимальных тел качения ЭМК для всех видов структурных схем эксцентрикового механизма по обоим направлениям ввода поправки, а также как при наличии, так и при отсутствии зазора между телами качения.



а (без зазора между телами качения)

б (с зазором между телами качения)

Рис. 2. Диаграммы изменения угла подъема эксцентрика ЭМК от радиусов тел качения:

1, 2, 3, 4 – ввод поправки по R_1 , 1', 2', 3', 4' – ввод поправки по R_2

Ввод поправки в расчет геометрических параметров эксцентрикового механизма качения по радиусу дорожки качения внутреннего кольца вызывает смещение функциональных кривых в направлении положительных значений оси радиусов тел качения ЭМК (рис. 2).

Проведенные исследования показывают, что угол подъема эксцентрика в зависимости от радиуса тел качения изменяется для любого вида структурной схемы ЭМК по параболическому закону, а также позволяет создать предпосылки для решения задач динамического анализа.

УДК. 621.838.2

ФОРМИРОВАНИЕ ГРАНИЦ ОБЛАСТЕЙ СУЩЕСТВОВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ-ПРОТОТИПОВ ЭМК

Е.С. Шевченко, А.С. Китуря

Научные руководители М.А. Мерко, М.В. Меснянкин

Сибирский федеральный университет

Анализ результатов вычислений по методу, разработанному научными руководителями, показывает, что задача определения значений гео-

метрических параметров эксцентрикового механизма качения (ЭМК) не всегда имеет решение. Данная проблема является следствием выбора неверного сочетания величин исходных параметров. Решение представленной проблемы возможно посредством выбора исходных параметров из областей существования механизма-прототипа ЭМК.

С целью формирования областей существования составим расчетную модель механизма-прототипа ЭМК (рис. 1), где R_1 , R_2 – радиусы дорожек качения внутреннего и наружного колец; r – радиус тел качения.

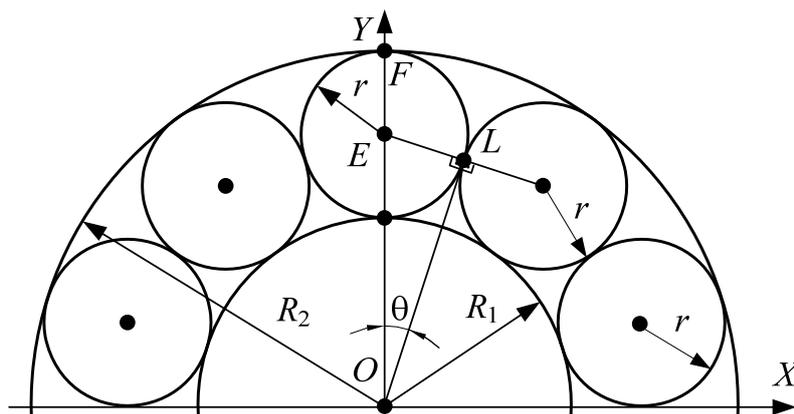


Рис. 1. Расчетная модель механизма-прототипа ЭМК

Анализ расчетной модели показывает, что условие сборки механизма-прототипа ЭМК имеет следующий вид: количество тел качения (z) на угле расположения от 0 до 2π должно являться целым числом, тогда в аналитическом виде получим

$$z \cdot \theta = \pi, \quad (1)$$

где θ – угол положения точек сопряжения между телами качения.

Из треугольника $\triangle EOL$ (рис. 1) получим

$$\theta = \arcsin\left(\frac{R_2 - R_1}{R_2 + R_1}\right). \quad (2)$$

Анализируя формулу (2), определим предельные значения угла θ

при $R_1 = 0$	$\theta = 0,5 \cdot \pi$
при $R_2 = 0$	$\theta = -0,5 \cdot \pi$
при $R_1 = R_2$	$\theta = 0$

С учетом выявленных пределов для угла θ анализ равенства (1) показывает, что условие сборки механизма-прототипа ЭМК выполняется при $z \geq 2$.

С учетом (2), проведя преобразования (1), получим:

$$R_1 = \frac{R_2 \cdot \left(1 - \sin\left(\frac{\pi}{z}\right)\right)}{1 + \sin\left(\frac{\pi}{z}\right)}. \quad (3)$$

Из расчетной модели (рис. 1) очевидно, что $R_2 = R_1 - 2 \cdot r$, тогда (3) примет вид

$$r = \frac{R_1}{2} \left(\frac{1 + \sin\left(\frac{\pi}{z}\right)}{1 - \sin\left(\frac{\pi}{z}\right)} - 1 \right). \quad (4)$$

Варьируя радиусом дорожки качения наружного кольца в интервале [55...100] мм по формулам (3) и (4) построим диаграмму зависимостей R_2 и r от количества тел качения (рис. 2).

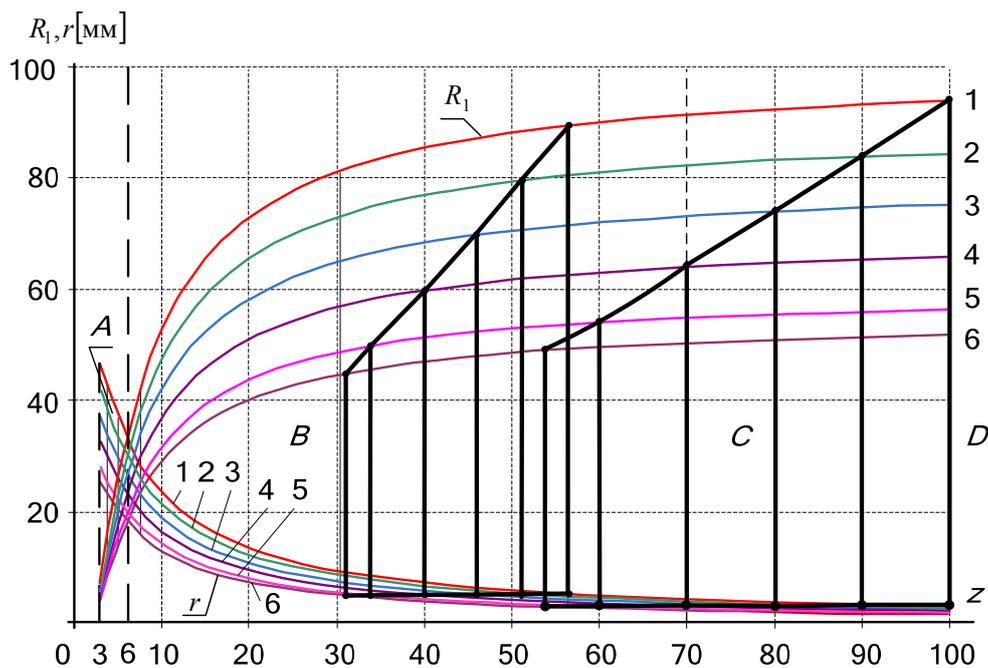


Рис. 2. Диаграмма областей существования механизма-прототипа при постоянном радиусе дорожки качения наружного кольца
 1 – $R_2 = 100$ мм, 2 – $R_2 = 90$ мм, 3 – $R_2 = 80$ мм,
 4 – $R_2 = 70$ мм, 5 – $R_2 = 60$ мм, 6 – $R_2 = 55$ мм

С целью формирования областей существования механизма-прототипа нанесем их границы на диаграмму (рис. 2). В результате проведенных действий получим несколько областей существования механизма-прототипа ЭМК.

Анализ результатов вычислений, проведенных по формулам (3) и (4), показывает, что область A ограничена значениями $3 \leq z \leq 6$ при $0 < R_1/r \leq 1$, что соответствует области существования механизма-прототипа с телами качения, обладающими радиусами, превышающими радиус дорожки качения внутреннего кольца.

Если тела качения механизма-прототипа являются шариками, то, следуя работе О.Н. Черменского и Н.Н. Федотова, число тел качения определим по выражению

$$z = \frac{\varphi}{2 \cdot \arcsin\left(\frac{r}{R_2 - r}\right)} + 1, \quad (5)$$

где φ – угол заполнения.

Считая, что угол φ в (5) лежит в пределах $186^\circ \leq \varphi \leq 200^\circ$, а радиус дорожки качения наружного кольца лежит в интервале $[55 \dots 100]$ мм, сформируем область B , границами которой являются $6 < z \leq [32 \dots 57]$ при $1 \leq R_1/r \leq 10$, что соответствует области существования механизма-прототипа с телами качения в виде шариков. Анализ (рис. 2) показывает, что рост значений R_2 сопровождается увеличением R_1 при незначительных изменениях r , а также приводит к увеличению количества шариков и смещению максимальной границы области B в интервале $32 \dots 57$.

Если тела качения механизма-прототипа являются роликами, то следуя работе О.Н. Черменского и Н.Н. Федотова, число тел качения определим по выражению

$$z = \frac{\pi - \arcsin\left(\frac{2 \cdot r}{R_2 - r}\right)}{\arcsin\left(\frac{r}{R_2 - r}\right)} + 2. \quad (6)$$

Варьируя радиус дорожки качения наружного кольца в интервале $[55 \dots 100]$ мм в формуле (6) сформируем область C , которая ограничена значениями $6 < z \leq [53 \dots 100]$ при $1 \leq R_1/r \leq 31$, что соответствует области существования механизма-прототипа с телами качения в виде роликов. Анализ (рис. 2) показывает, что рост значений R_2 сопровождается увеличением R_1 при еще более незначительных изменениях r , а также приводит к увеличению количества роликов и смещению максимальной границы области C в интервале $53 \dots 100$.

Дальнейшее увеличение радиусов дорожек качения показывает на существование области D , которая ограничена значениями $100 < z$ при

$31 < R_1/r$, что соответствует области существования механизма-прототипа с телами качения в виде иголок, обладающих радиусами значительно меньше радиуса дорожки качения внутреннего кольца.

Анализ полученных областей существования механизма-прототипа показывает, что при выборе исходных данных для определения значений геометрических параметров ЭМК необходимо придерживаться области сформированной наложением частями областей B и C в интервале $6 < z \leq 53$ при $1 < R_1/r \leq 16$, так как при $53 < z$ и $16 < R_1/r$ эксцентриситет ЭМК имеет очень малые значения, а число тел качения достаточно велико. Данные рекомендации позволят исключить сочетания исходных данных, при которых задача определения геометрических параметров эксцентрикового механизма качения не имеет решения.

МАШИНОСТРОЕНИЕ: СТАНДАРТИЗАЦИЯ, МЕТРОЛОГИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ



УДК 301.172

СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ. ЛИДЕРСТВО В ОРГАНИЗАЦИИ

А.А. Вашко, Р.О. Коробков
Научный руководитель **Л.В. Гоголь**
Сибирский федеральный университет

Система менеджмента качества по ИСО 9000 состоит из восьми принципов, одним из которых является лидерство руководителя. Мы представим практическое взаимодействие руководителя и подчиненных с различных точек зрения.

Кто такой лидер? Это не тот человек, который может позволить себе складывать ноги на стол. Это не тот человек, который получает зарплату выше других. Это не тот человек, который может позволить себе накричать на Вас.

Более того среди Вас есть лидеры или есть все возможности стать им. Так кто же такие лидеры?

Если хорошо подумать, то в самом узком смысле лидер – это человек, способный мотивировать людей на работу. Значит он – управленец? Вовсе нет.

Представьте себе судно, можно даже небольшое, но резво разрезающее большие волны. И волн очень много и они очень большие, но судно верно следует своему курсу. А знаете почему это происходит и они неспособны сломать наше судно? Потому что у волн нет цели, а у судна есть, и это очень важно. Так вот наше судно имеет матросов, которые верно служат своим управленцам – помощникам капитана. Задача матросов верно делать свое дело, слушая указания помощников капитана. Задача помощников капитана, слушая указания самого капитана корабля, руководить процессом реализации указаний капитана через матросов. А чем занят сам капитан? Вот тут и наступает момент истины.

Все просто: он – задает цель и следует ей, его задача задать курс корабля и обеспечить единство команды в заданном направлении. Вот только представьте себе, что у команды нет единства в цели. И получится все как в басне И.А. Крылова, когда и лебедь рвался в облака, а рак тем временем пятился назад, и щука тянула в воду. А еще представьте себе такую ситуацию: хороший капитан, ответственный, всеми уважаемый, отзывчивый, справедливый проложил курс корабля не туда. И вот незадача, матросы усердно «сдвигают» корабль с места, и их управляющие все делают верно, благодаря чему, собственно, матросы и «сдвигают» корабль, но он плывет не туда. И все старания насмарку.

Конечно, во всемирной практике был уникальный случай, связанный с Христофором Колумбом: и цель была и средства и он был прекрасным капитаном, но вот приплыли не в желаемую Индию, а открыли Америку. Вот только ему это простительно, тогда и карт тех мест не было и вообще думали что земля плоская. Но сейчас то все есть! И не в кораблях вся суть, а в лидере организации. Что будет, если он задаст не то направления для мореплавания организации? Особенно в наше время, в условиях жесткой конкуренции, попробуйте только на секунду отправить организацию не в то русло, и конкуренты вас тут же обойдут. Выпустят новейшую продукцию раньше Вас, создадут нужный патент тоже раньше Вас, завоюют потребительскую аудиторию снова раньше Вас. Потому задача лидера обеспечить единство цели и направления деятельности организации в целом.

Нельзя путать лидера и управленца: для своих детей, если вы порядочный человек, на протяжении всего их детства Вы – лидер. Вы авторитет для них. Для начала вы в их бессознательном детстве кормите и защищаете их, а они понимают что полностью зависят от вас, а значит, по сути, принадлежат Вам. Когда они подрастают и в их сознании формируется образ родителей: они думают, что Вы все знаете, они считают, что Вы можете все или почти все, они видят в Вас лидера. Это лидерство обусловлено Вашим авторитетом относительно них: Вы сильнее, выше, умнее и развитее них. Более того Вы создаете уют и теплоту в семье и семейных отношениях. И тут скрывается важнейший момент истины... Пока вы являетесь лидером для своего ребенка, Вы всевластны. А как только Вы становитесь управленцем, Вы ничтожны. Вы пытаетесь командовать, а не призвать к действию. Вы вместо мотивации ставите условия. Вы теряете всякое нормальное уважение и вселяете уважение, основанное на страхе. И не для кого не секрет, что действия работников, основанные на страхе по отношению к руководству ни к чему хорошему не приведут.

И чтобы Ваш корабль не пятился назад, а плыл в нужном месте и в нужном направлении, а также Ваш ребенок видел Вас самым лучшим, нужно быть лидером. Достойный лидер обладает следующими качествами:

коммуникативность, культурность, предприимчивость, целеустремленность, управленческие навыки, и даже мудрость.

Кто такой неформальный лидер и кто такой руководитель? Могут ли они существовать эффективно?

На сегодняшний день это очень актуальные вопросы. И мы попробуем в них разобраться. Стоит понимать, что лидерство может быть формальным и неформальным. Формальный лидер наделен официальными полномочиями управления, то есть, говоря простым языком, подчиненные должны выполнять все его распоряжения. Отсюда следует, что роль формальных лидеров обычно выполняют руководители отделов, высшее руководство.

Кто же такие неформальные лидеры? Рассмотрим пример, коллективу из шести человек поручили собраться и выполнить совместное задание, где должно учитываться мнение каждого. Лидерство начинает проявляться с первых же минут, когда коллектив начинает решать, где собраться и в какое время. И тут появляется человек, к мнению которого прислушиваются и принимают его решения. Сам механизм появления лидера очень тонок и складывается из ряда факторов, которыми обладает «непровозглашенный» лидер или другими словами – неформальный лидер. А что делать, если назначен ответственный в группе? Кого тогда слушать? Чье решение принимать? Здесь начинается трудность во взаимодействии формального лидера и неформального.

Стоит понимать, что конкретных путей решения нет. Но первое, что предстоит сделать формальному лидеру признать проблему, а затем попытаться ее оценить. Очень часто пропускается первый пункт, из-за которого возникают проблемы. Например, если не выявить неформального лидера и не сосредоточить на нем внимание, то возможно вся его энергия будет направлена на создание препятствий организации труда, а не на совместное решение. Таким образом, у нас получится первый тип неформальных лидеров «Оппозиционисты», мешающие как формальному лидеру, так и остальным.

И когда вы знаете, с кем имеете дело, то уже можно выстроить последовательность действий, которая поможет убрать негативные последствия «оппозициониста» и направить его деятельность в нужное русло.

Следующий тип неформальных лидеров – «Дельные люди». Вы когда-нибудь встречали людей, у которых есть план на все, абсолютно на все? В их головах выстраивается последовательная цепочка действий, основанная на фактах и убеждениях. Данный тип идет к своей цели не смотря ни на какие препятствия. Их очень тяжело переубедить и поменять их вектор действия. Отличительная черта – им не хватает эмоциональности, выразительности, харизматичности.

«Светлая личность» – лидер с «горящими» глазами. Его переполняют идеи, креатив и энтузиазм. С ним невозможно не дышать в одном ритме. Но есть и обратная сторона его качеств, он быстро загорается и быстро остывает. Поэтому стоит улавливать и развивать идеи, сказанные им.

Следующий тип неформальных лидеров один из самых тяжело уловимых – это тип «Серых кардиналов». Они способны управлять людьми разных должностей, находясь в тени. Обладают поразительной гибкостью при разрешении любых вопросов. Чаще всего не умеют и не хотят брать ответственность на себя. Это мастера неформальных коммуникаций.

Данные типы неформальных лидеров возглавляют неформальные группы. В одном коллективе может быть несколько неформальных групп, у которых свой лидер и свои сформулированные правила относительно характера одежды, поведения, приемлемых видов работ и протокола. Эти неформальные объединения часто оказывают сильное влияние на качество деятельности и организационную эффективность. Толковый руководитель должен знать их и взаимодействовать с ними.

Очень важно, чтобы руководители понимали, что неформальные организации динамически взаимодействуют с формальными. Одним из первых, кто стал уделять внимание этому фактору, а также образованию неформальных организаций был Джордж Хоманс, теоретик в области исследования групп. В модели Хоманса (рис. 1) под видами деятельности понимаются задачи, выполняемые людьми. В процессе выполнения этих задач люди вступают во взаимодействие, которое, в свою очередь, способствует появлению чувств — положительных и отрицательных эмоций в отношении друг друга и начальства. Эти эмоции влияют на то, как люди будут осуществлять свою деятельность и взаимодействовать в будущем.

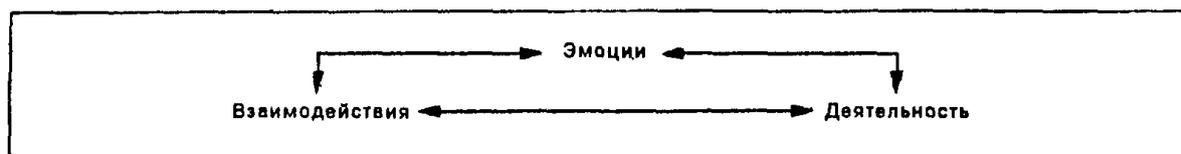


Рис. 1. Модель Хоманса

Исходя из полученной информации, можно разработать меры по взаимодействию руководителя и неформальной группы в целом. Последовательность шагов:

- 1) признать существование неформальной группы;
- 2) стремиться узнать мнение членов и лидеров неформальных групп, выслушивать их полностью;
- 3) никогда не относиться с пренебрежением к тому, что было сказано другими, даже если вы не разделяете представленное мнение;

4) научиться говорить после того, как другие уже высказали свои мысли;

5) перед тем, как предпринять какие-либо действия, просчитайте их возможное отрицательное воздействие на неформальную группу;

6) чтобы ослабить сопротивление переменам со стороны неформальной организации, разрешите группе участвовать в принятии решений;

7) быстро выдавайте точную информацию, тем самым препятствуя распространению слухов;

8) поощряйте сотрудников, проявляющих лидерские качества.

Здесь же стоит отметить, что если пресекать и уничтожать все неформальные группы, то вся организации распадется очень быстро, так как люди просто напросто не смогут взаимодействовать на одних формальностях. Людям необходимы плюсы, получаемые из неформальной группы. А этих плюсов много.

Так кто же такой формальный лидер? Это лицо, которое имеет влияние и основывается на руководящем положении, обладает ресурсами и властью. Если говорить проще, то это человек, который должен эффективно использовать имеющиеся ресурсы для получения результата, назначенный высшим руководством. Он должен быть способен делегировать свои функции, зависеть от других людей, которые выполняют порученную им работу, и распределять эту работу таким образом, чтобы человек точно знал, что он должен делать.

Согласно личностной теории лидерства, также известной под названием великих людей, лучшие из руководителей обладают определенным набором общих для всех личных качеств. Развивая эту мысль, можно утверждать, что если бы эти качества могли быть выявлены, люди могли бы научиться воспитывать их в себе и тем самым становиться эффективными руководителями. Некоторые из этих изученных черт – это уровень интеллекта и знания, впечатляющая внешность, честность, здравый смысл, инициативность и другие.

В общем руководитель – это своего рода Супермен, на плечах которого лежит ответственность за принимаемые решения.

Существует довольно много моделей руководства, но ни одна из них не получила полного подтверждения в исследованиях, убеждение, что руководители должны выбирать стиль руководства сообразно ситуации не вызывает сомнений, так как не существует одного общего и оптимального стиля лидерства, к каждой ситуации нужно искать свой подход и этими поисками должен быть занят руководитель.

Завершить тезис хотелось бы цитатой древнекитайского философа Лао Цзы, уже в то время понимающего роль лидера: «Когда вождь, заслуживающий названия самого лучшего, завершает работу, люди говорят, что все сделали сами».

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ – КЛЮЧ СТАНОВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ РОССИИ

М.И. Влашинец, Я.И. Коваль
Научный руководитель Н.В. Мерзликина
Сибирский федеральный университет

*«Верим и знаем: придет час, и Россия
восстанет из распада и унижения и начнет
эпоху нового расцвета и нового величия. Но
возродится она и расцветет лишь после
того, как русские люди поймут, что спасе-
ние надо искать в качестве!..»*

Иван Ильин,
«Русский колокол» 1928

В последнее время слово «инновация» встречается все чаще. Есть инновационные подходы, инновационные технологии и даже банк инноваций.

Определим, что такое инновационная деятельность и как она связана с качеством.

Под инновационной деятельностью понимается деятельность, приводящая к созданию нового невзаимозаменяемого товара или нового взаимозаменяемого товара при снижении расходов на его производство и (или) улучшения его качества (ФЗ № 135).

В стратегии инновационного развития России президент сделал акцент на том, что Россия обладает особым конкурентоспособным преимуществом – человеческим потенциалом. Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что основа становления инновационной России – это совокупность людей с инновационным мышлением и нестандартными взглядами, способные внедрить новые идеи, технологии, разработки в организации, новые методы управления, гарантирующие высокое качество продукции и повышение прибыли.

Для этого необходимо:

- во-первых, человеку – пересмотреть традиционную систему взглядов, переосмыслить ранее существовавшие методы производственной деятельности, взглянуть через призму инновационного времени;
- во-вторых, высшему руководству организации – принять и применять инновационные решения;

- в-третьих, государству – обеспечить формирование благоприятного «инновационного климата», включая создание условий и стимулов для инновационной деятельности.

Рассмотрим реализацию данного подхода на ОАО «Красноярский хлеб».

Для улучшения своей деятельности данная организация применила методы бережливого производства. Эти методы используются в организации впервые, поэтому являются инновационными.

Бережливое производство – это концепция менеджмента, основанная на неуклонном стремлении к устранению всех видов потерь, предполагающая вовлечение в процесс оптимизации производственной деятельности каждого сотрудника и максимальная ориентация на потребителя. Принцип повышения эффективности – Lean production (бережливое производство), о котором пойдет речь, требует особой перестройки системы взглядов (Википедия).

Трудности, с которыми сталкивается организация, используя новые методы управления – это восприятие происходящего. Сложно пересмотреть традиционную систему взглядов, взглянуть через призму нового времени, принять и применять инновационные решения.

На ОАО «Красноярский хлеб» методы бережливого производства использовались для решения следующих задач:

- снижение цены выпускаемой продукции;
- увеличение производительности продукции.

Анализ данных за последние 10 лет показал, что спрос на торты постоянно увеличивается. Производственных мощностей в кондитерском цехе не хватает, чтобы создавать столько продукта, сколько готов приобрести потребитель. Если решать задачи традиционным путем, то снижения цены можно добиться двумя способами: за счет уменьшения прибыли и производственных затрат. Естественно, что для организации первый путь неприемлем, поэтому единственным решением данного вопроса является сокращение потерь производства. К тому же это позволит решить обе задачи (рис. 1).



Рис. 1. Динамика роста спроса на торты

Рассмотрим проведенные работы более подробно. На первом этапе необходимо изучить и оценить имеющуюся ситуацию на производстве. Для этого была построена схема кондитерского цеха (рис. 2) и составлена карта хронометража (рис. 3).

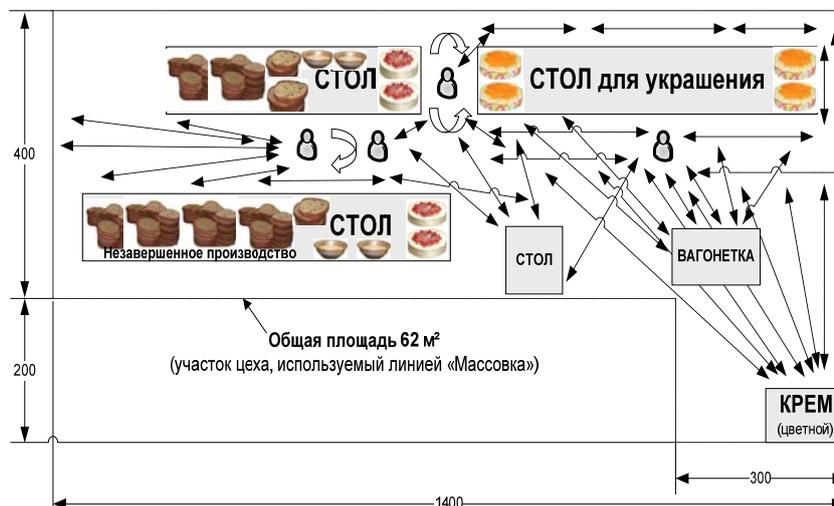


Рис. 2. Схема организации труда в цехе до внедрения методов бережливого производства

КАРТА ХРОНОМЕТРАЖА		Область применения: Хлебозавод №2 «Кондитерский» цех												
Дата: 06.12.07		Участок:		Время										
Наблюдатель: Дуня		Рабочее место: торты «Восточный»		Время										
№	Действия рабочего	Время выполнения действия (секунды)										Время (секунды)		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	лучше	худше	средне
1	Облицовка первой корки крем-краской	5,8	2,5	3,9	3,7	3,2	2,9	3,5	2,6	3,3	2,5	2,5	3,9	3,2
2	Укладывает крем-краску	4,2	3,1	3,5	4,1	5,5	2,2	4,2	4,3	4,1	5,1	2,2	5,5	4,0
3	Ликвидирует второй корки, укладывает крем	5,5	5,5	4,5	2,5	4,8	3,5	2,3	4,5	2,9	4,9	2,3	6,5	3,9
4	Облицовывает второй корки крем-краской	3,1	4,4	6,5	5,8	3,8	4,2	4,1	3,9	4,3	5,3	3,1	8,5	4,7
5	Вкладывает орехи	2,3	2,8	2,4	3,8	3,8	2,9	4,1	3,7	3,6	2,9	2,3	4,1	3,2

Рис. 3. Карта хронометража

Было определено время, потраченное на «бесполезные» действия, которые составили от общего объема времени производства торта 85 %.

Основным шагом на пути создания lean стал переход от партии очередей к созданию потока единичных изделий. В производстве партии очереди последующий оператор приступит к работе только после того, как всю работу выполнит предыдущий.

В результате, чтобы изготовить партию из 10 тортов, необходимо 30 минут, а время приготовления первого торта 21 минута. А при потоке

единичных изделий оператор изготавливает единицу продукции и передает следующему. При таком производстве на изготовление одного торта необходимо 3 минуты, а партия из 10 тортов будет готова через 12 минут (рис. 4).

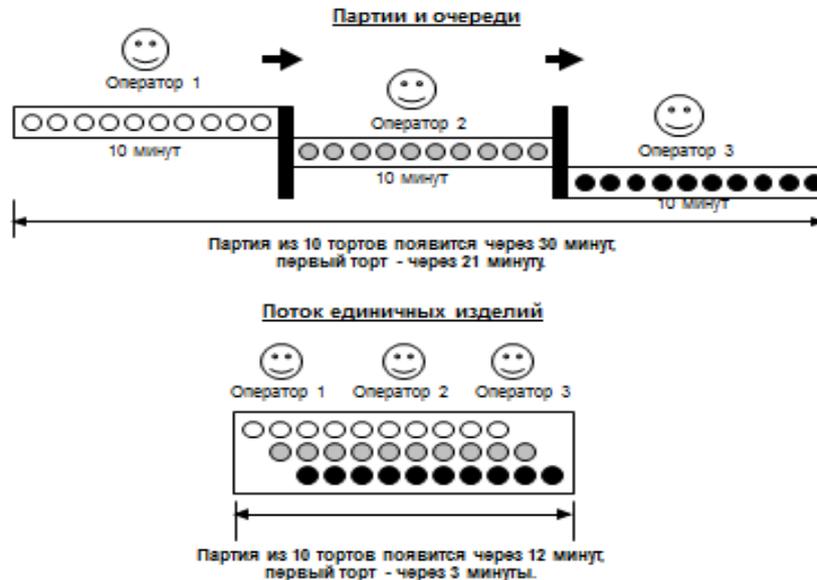


Рис. 4. Сравнение методов работы

Чтобы выстроить работу по такому принципу нужно знать чистое время на каждую операцию для установления равномерного темпа работы всех операторов. Проведя анализ карт хронометража и текущей организации труда в цехе, было принято решение, что группировать операции необходимо для трех работников. Была составлена новая схема организации труда в цехе (рис. 5).

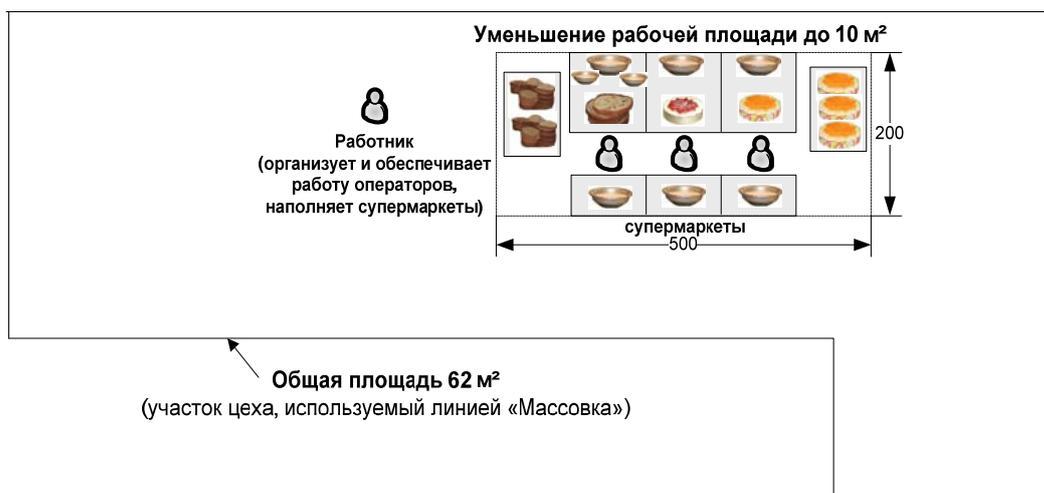


Рис. 5. Схема организации труда в цехе после внедрения методов бережливого производства

В результате, высвободился один человек и было принято решение, что он будет организовывать и обеспечивать работу операторов.

После внедрения инновационных методов организация получила следующие результаты (рис. 6):

- освобождено 52 м² производственной площади;
- в 30 раз сокращено пройденное расстояние рабочими за один час;
- в 4 раза увеличилось количество изготовленных тортов в час;
- за год производительность продукции увеличилась на 30 %.

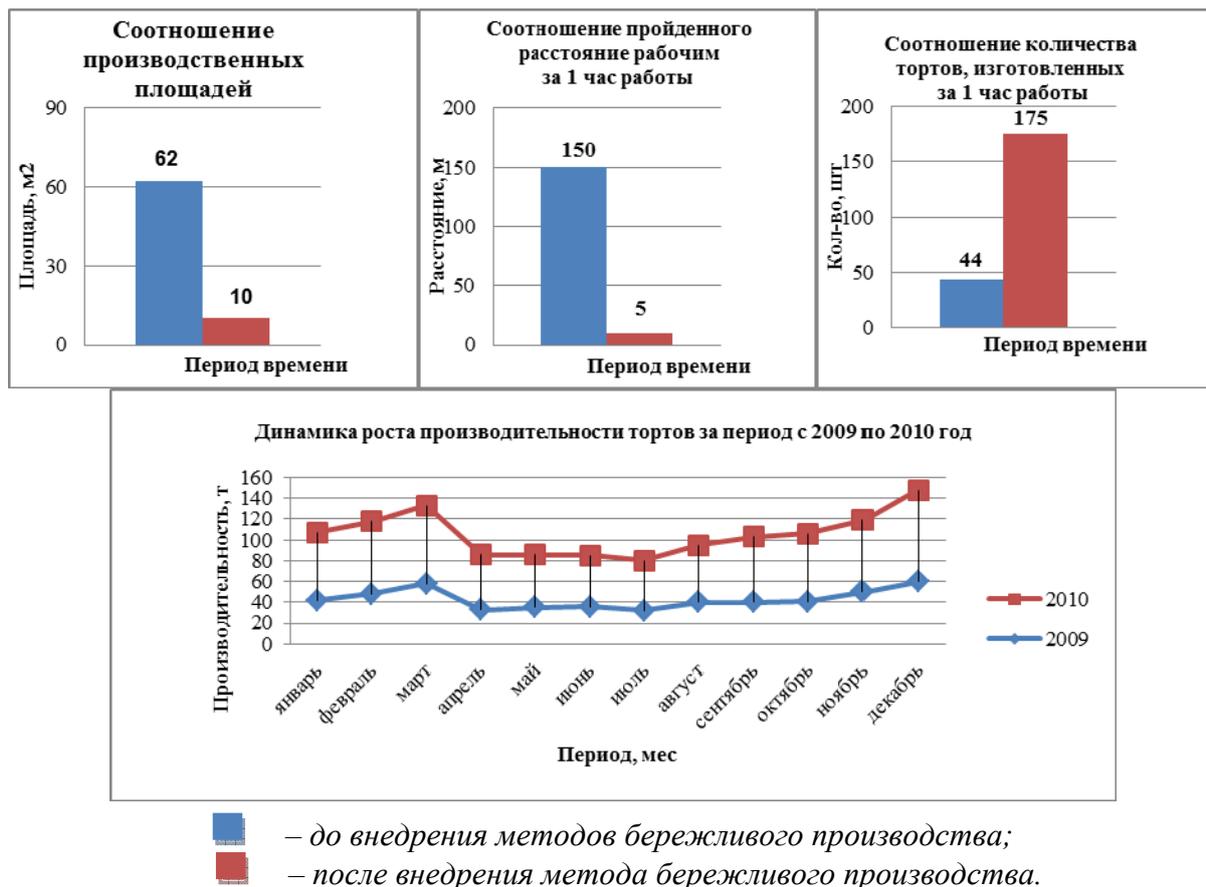


Рис. 7. Результаты после внедрения методов бережливого производства

ОАО «Красноярский хлеб» на своем примере доказало, что возможно пересмотреть старую систему взглядов, внедрить новые методы организации производственной деятельности, которые приведут к эффективности управления и конкурентоспособности, рациональному использованию ресурсов, повышению производительности, прибыли, выведут организацию на новый путь развития.

Потерянного времени не вернешь, но можно научиться не терять его в будущем... «Красноярский хлеб» пишет новую историю – инновационную, благодаря внедрению идеи «бережливого производства».

ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ TQM В РОССИИ

Ю.А. Иванюк, О.С. Сувалко
Научный руководитель Л.В. Гоголь
Сибирский федеральный университет

Проблема обеспечения выпуска продукции высокого качества является важнейшей задачей для российских предприятий.

Актуальной является потребность в поиске новых методологических разработок, которые позволили бы быстро реорганизовать предприятие в современных условиях. На наш взгляд, в качестве данной методологии сегодня может выступать всеобщее управление качеством. Уникальность TQM заключается в том, что оно сосредотачивает внимание не только на качестве выпускаемой продукции, а также на качестве всех существующих процессов в организации.

TQM включает в себя следующие принципы:

- активное участие руководства в вопросах, связанных с качеством;
- акцент на требования потребителей;
- вовлечение всего персонала в работу по повышению качества;
- разработка и сертификация систем менеджмента качества;
- постоянное улучшение;
- постоянное совершенствование процессов.

Внедрение всеобщего управления качеством в России зачастую сопровождается целым рядом проблем. В данном тезисе мы рассматриваем возникающие препятствия и возможности их преодоления.

Сегодня арсенал инструментов совершенствования бизнеса достаточно велик и продолжает пополняться все новыми подходами: 6-Сигм, стандарты ИСО серии 9000, сбалансированная система показателей, структурирование функций качества, анализ характера и последствий отказов, модели самооценки организации, бенчмаркинг и другие. Подавляющее большинство предлагаемых подходов основаны на принципах всеобщего управления качеством. Аббревиатура TQM уже знакома российским менеджерам, однако для большинства из них TQM так и остается аббревиатурой.

Безусловно, это явление временное – еще 10-12 лет назад мало кто в России различал понятия «менеджмент» и «маркетинг», а сегодня это неотъемлемые атрибуты деятельности любого российского предприятия, от крупного до малого.

В данном тезисе мы рассматриваем основные проблемы, мешающие внедрению TQM в российские организации:

1. Эволюционный разрыв в 50 лет.

На западе философия качества последовательно прошла этапы отбраковки, контроля качества, гарантии качества и приняла форму всеобщего управления качеством. Причем основной движущей силой этого развития был и остается потребитель. Именно борьба за потребителя заставляла менеджеров искать новые подходы в бизнесе, чтобы максимально удовлетворить потребности своих клиентов с наивысшим качеством. В административно-командной системе Советского Союза спрос и предложение были предметом государственного планирования, конкуренция между производителями отсутствовала. Потребитель не мог "проголосовать рублем" за того или иного производителя, т. к. у него фактически не было выбора, и покупать приходилось то, что продают. Искусственное моделирование рынка не только не способствовало, но, наоборот, противоречило философии качества.

2. Расстановка акцентов в понимании качества.

Следует отметить, что систематическая работа в области улучшения качества продукции велась в СССР с середины 50-х г. При производстве потребительских товаров в условиях планово-распределительной системы качество означало соответствие стандарту. Такое понимание крепко осело и до сих пор превалирует в головах российских управленцев и заставляет их думать, что параметры качества устанавливаются либо регулирующими органами, либо производителем. Сегодня это серьезная ошибка. Воспитание культуры качества, основанной только на стандартах, особенно в политико-экономических системах несет за собой определенные риски. Такая психология в рыночной системе может привести к тому, что компания будет производить качественные с ее точки зрения продукты, которые не будут находить спроса.

3. Специалисты в области качества.

В советский период была воспитана целая армия специалистов по качеству. Многие из них сегодня участвуют в создании новой философии качества для России. Подход к качеству как к соответствию установленному стандарту исчерпал себя, современный менеджмент качества давно вышел за рамки математики и статистики, а требования к специалисту в области качества – это знание экономики, психологии и менеджмента. Однако по сей день сфера интересов и компетенции российских специалистов по качеству зачастую ограничивается снижением количества дефектов, повышением надежности изделий, то есть технической составляющей производства.

4. Использование современных методов совершенствования.

Как уже было сказано выше, многие подходы к улучшению системы управления организации и повышению ее конкурентоспособности основаны на принципах TQM. Часть современных подходов уже используется и в

российском бизнесе. Это ИСО 9000, премии в области качества, бенчмаркинг, самооценка. Насколько эффективны эти методы и инструменты на российской земле? Ответ не может быть однозначным. Менеджеры западных компаний воспринимают ориентацию на потребителя, непрерывное совершенствование, процессный подход, вовлечение и заинтересованность работников, социальную ответственность бизнеса, как неотъемлемые принципы ведения бизнеса. В российский же бизнес эти принципы вводятся искусственно, поэтому проблема адаптации западных подходов выходит на первый план. Руководители, с одной стороны, понимают, что менять философию необходимо, с другой стороны, существует масса барьеров: незнание как и что менять, сопротивление работников, непонимание коллег и партнеров по бизнесу.

5. Удовлетворение потребителей.

Мнение потребителя стало важным для российских компаний, когда пришлось за него бороться. Российские компании уже довольно хорошо овладели навыками исследования рынка и привлечения новых клиентов. Однако удовлетворение потребителей не означает лишь умение навязать свой товар, удовлетворение потребителей – это искусство дать потребителю то, что он ожидает и даже больше. Для российских менеджеров важно прочувствовать логическую цепочку с точки зрения потребителя: покупка – удовлетворение – повторная покупка. Для зарубежных компаний ставится задача не столько найти новых клиентов, сколько удержать уже имеющихся, т.е. увеличить долю постоянных клиентов. Российскому бизнесу следует осознать, что удовлетворение потребителей – это лояльность к компании, чем больше лояльных клиентов, тем уверенней компания чувствует себя на рынке. Следовательно, необходимо менять и подходы в маркетинге – от общего и нишевого маркетинга к маркетингу один-на-один, маркетингу по базам данных.

Предлагаемые решения данных проблем:

1. Формирование методологической базы адаптации TQM в России.

Пять лет назад ощущалась серьезная нехватка научных дискуссий, публикаций, изданий по вопросам менеджмента качества в России. Сегодня интерес к вопросам качества возрос в разы. В последние годы вышло в свет большое количество учебников и учебных пособий по управлению качеством, появилось много новых журналов, значительно возросло количество публикаций по вопросам TQM в периодических изданиях, стремительно растет число интернет-сайтов, посвященных проблемам качества.

2. Лидерство руководства.

Успех компании в первую очередь зависит от лидерских качеств руководителя, его уверенности в необходимости изменений, умении увлечь за собой работников. Не случайно "лидерство" – это первый критерий моделей ведущих мировых премий качества: премии Болдриджа и европей-

ской премии, присуждаемой Европейским фондом управления качеством. Проблема руководителей России в неправильной трактовке понятия лидера. Умение заинтересовать работников и вовлечь их в процесс совершенствования не означает директивно заставить работников работать по-другому. Тем не менее, авторитарный стиль управления присущ все еще многим российским компаниям.

3. Обучение менеджеров.

Руководители и менеджеры российских предприятий за последние 10-15 лет активно включились в образовательный процесс с целью получить теоретическую подготовку в сфере экономики и управления. На возросший спрос на экономические знания сфера образования ответила появлением новых образовательных программ. Экономических факультеты появились почти в каждом государственном вузе России, практически все частные вузы также готовят специалистов для бизнеса. Эффективным инструментом в деле обучения менеджеров для российской экономики является "Программа переподготовки управленческих кадров для народного хозяйства Российской Федерации", широко известная как "Президентская программа".

4. Государственная политика.

Повышение культуры качества и эффективности работы компаний благотворно отражается на экономике страны. Укоренение философии качества в бизнес-сообществе является сегодня одной из важных задач государства. В США качество стало государственной политикой с 1987 г., когда с целью вернуть утраченное лидерство американских продуктов и услуг на внутреннем и мировом рынках Конгрессом Соединенных Штатов была учреждена Национальная премия качества Малколма Болдриджа. Критерии Болдриджа помогли американской экономике выйти из кризиса, а компаниям США привить философию качества. Премии в области качества призваны стать одним из действенных рычагов повышения конкурентоспособности российской экономики.

5. Психология потребителей.

Потребитель является движущей силой процесса совершенствования в бизнесе, предъявляя все новые требования к качеству продуктов и услуг. Российский потребитель сегодня не может в полной степени играть эту роль. Невысокий уровень доходов большинства населения определяет цену решающим фактором при выборе товара. Качество же является важным, но все же не всегда решающим аргументом. Когда спрос на качество возобладает, производитель, по законам рынка, должен будет его предоставить, иначе не выжить в конкурентной борьбе. Стабильность экономики и рост доходов россиян можно рассматривать как залог развития бизнеса России, поступенчатого, эволюционного. Культура качества может сформироваться только под воздействием потребителей. Потребители же, в свою очередь, сами должны впитать эту культуру.

Кроме того, все еще силен стереотип, что качественными могут быть только западные товары, российские же продукты и услуги заведомо не обладают нужными потребительскими свойствами. Такое мнение российских покупателей укоренилось с советских времен и по сегодняшний день подтверждается многочисленными фактами. Бизнесу России предстоит доказать свою состоятельность в глазах потребителей.

Российским предприятиям необходимо внедрение TQM для дальнейшей способности конкурировать с зарубежными предприятиями. Какие бы мы сейчас проблемы внедрения не перечисляли, самая главная проблема это то, что руководители предприятий не хотят вкладывать деньги в то, что до конца не понимают, а лишь думают, что это пустая трата денег. В данной ситуации главное понять, что внедрение TQM приведет к повышению прибыли, престижу компании, доверию потребителей. Это доказывает опыт компаний, которые уже внедрили TQM: ПО «Октябрь» в 1999 году стало лауреатом премии Правительства РФ (добились повышения качества продукции и ее долговечность, уменьшения доли непроизводственных затрат на 7 %); компания Макдональдс увеличила прибыль после внедрения всеобщего управления качеством за 2 г. на 20 млрд. долларов.

УДК 330.163

ОЦЕНКА УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Я.И. Коваль, К.О. Матишева
Научный руководитель Л.В. Гоголь
Сибирский федеральный университет

Наш век достаточно насыщен сверхразвитыми технологиями, и, поэтому очень сложно предложить потребителю принципиально новый вид продукции. К тому же, в условиях мировой конкуренции это еще и очень дорогостоящее удовольствие.

Сейчас недостаточно производить качественную продукцию, необходимо отслеживать конъюнктуру рынка и направления развития самой продукции. В процессе управления качеством продукции необходимо четко отслеживать важнейшие факторы промышленной деятельности: актуальные на текущий момент времени маркетинговые исследования рынка и анализ удовлетворённости потребителей.

Для любого современного коммерческого предприятия главной целью существования является получение прибыли, которую можно получить от продажи товаров или предоставления услуг. Именно потребитель

выбирает, какой товар купить либо чьими услугами воспользоваться. Исходя из этих рыночных постулатов нетрудно сделать вывод: чем полнее производитель удовлетворяет запросы и предугадывает желания потребителя, тем больший экономический эффект он получит.

Поэтому актуальность исследований, посвящённых измерению и оценке удовлетворённости потребителей, не вызывает ни единого сомнения.

В среднем компании через свои «дыры» ежегодно теряют 10-30 % своих потребителей, но лишь немногие знают:

- кого теряют;
- когда;
- почему;
- каков объем таких потерь.

Потенциальные финансовые выгоды компании от увеличения количества удовлетворенных потребителей часто оказываются весьма значительными. Чем выше удовлетворенность покупателя продукцией компании, тем он охотнее будет ее повторно приобретать. Но эти выгоды не проявляются немедленно, и от компании требуется умение видеть перспективы. Напротив, последствия неудовлетворенности потребителей проявляются намного быстрее и могут быть очень тяжелыми. Один разочарованный покупатель может поведать о возникших у него проблемах в среднем еще 35 потенциальным клиентам компании, и этот вторичный эффект способен отрицательно повлиять на будущие объемы продаж.

Стандарт ISO 9001:2008 «Системы менеджмента качества» в качестве одного из показателей эффективности системы управления качеством предписывает проведение обязательного мониторинга и измерения удовлетворенности потребителей.

В соответствии с требованиями п. 8.2.1 налаженная процедура измерения удовлетворенности потребителя является обязательным элементом системы менеджмента качества. В качестве средства для получения объективных результатов такого мониторинга и их использования с целью внесения улучшений в систему управления качеством, используются маркетинговые исследования.

Результаты исследований дают факты, необходимые для маркетинговых решений и определяют пространство и местонахождение рынка конкретной продукции/услуги.

Опыт ОАО "АВТОВАЗ" по изучению удовлетворенности конечных потребителей.

«В начале 2010 г. специалистами управления по маркетингу ОАО «АВТОВАЗ» была собрана база данных по реальным покупателям вазовских автомобилей. Анкеты, заполненные покупателями, были собраны и обработаны в управлении по маркетингу. Так заводские специалисты получили базу для изучения удовлетворенности потребителей.

К середине 2010 г. мы обработали всю собранную базу данных и провели предварительную подготовку, необходимую для прямого адресного опроса. Разработали форму анкеты, заказали специальные конверты с фирменной символикой. Предусмотрели и конверт для обратной связи, чтобы потребитель, заполнив анкету, вложил ее туда и отправил к нам в управление по маркетингу.

Цель этого анкетного опроса была, с одной стороны, очень простая, а с другой – очень важная. Мы хотели попытаться отработать механизм оценки удовлетворенности потребителей купленным автомобилем. Тема эта сегодня очень актуальна, так как в последней редакции требований стандарта ИСО-9001 как раз и заложено основное требование к маркетинговым службам и предприятию в целом – проводить оценку удовлетворенности потребителей. На Западе эта работа ведется уже достаточно давно, ее осуществляют как независимые структуры, так и маркетинговые службы самих компаний. Ведь понятно: удовлетворенность потребителя своим автомобилем, торговой маркой, брэндом – все это лежит в основе успеха любой компании».

CustomerSatisfactionIndex (CSI: Индекс удовлетворенности потребителей) – инструмент для внешнего и внутреннего анализа удовлетворенности потребителя продукцией и услугами компании. Индекс является универсальной и гибкой методикой для исследования в любой отрасли бизнеса. Данный показатель отражает отношение потребителя и может отличаться от уровня продаж и доли продукта на рынке. Расчет индекса удовлетворенности позволяет выявить значение и соотношение цены, качества, доступности и других факторов, влияющих на лояльность потребителя.

Построение модели CSI для каждого предприятия состоит из следующих этапов:

1. Выбор ключевых факторов для проведения исследования.
2. Выбор группы вторичных факторов.
3. Построение "идеальной" бальной оценки модели.
4. Разработка анкет для опроса потребителей.
5. Проведения опроса потребителей.
6. Обработка и анализ информации.
7. Расчет значений индекса и оценка его динамики.

CSI является инструментом управления лояльностью и удовлетворенностью потребителей. Он явно отражает изменение положения компании относительно предпочтений и взглядов их текущих и потенциальных клиентов. Однако, для корректного и эффективного использования CSI необходимо правильно выявить, отобрать и расставить приоритеты в отношении факторов формирующих модель. В противном случае, изменение индекса может привести к принятию некорректных управленческих решений. Добиться качественного выбора можно путем предварительной диагностики компании и

постоянного мониторинга изменения действующих менеджеров предприятия на изменения рынка. В случае, когда соблюдены два условия: отобраны верные ключевые факторы, корректно проставлены балльные оценки и расчеты проведены в оговоренный промежуток времени – так показатель, как CSI позволяет детально разобраться в проблемных зонах и, напротив, усилить положительное воздействие компании на ее успешные функции.

Опыт «Промсвязьбанк» по изучению удовлетворенности конечных потребителей

В рамках стратегии клиентоориентированности Промсвязьбанк внедрил систему автоматической оценки удовлетворенности клиентов качеством дистанционного обслуживания (AutomaticCustomerSatisfactionIndex).

Клиент, обратившийся в call-центр банка, после получения консультации специалиста может принять участие в опросе по качеству предоставленной консультации. Оценить работу сотрудника можно по таким ключевым параметрам как заинтересованность, вежливость и профессионализм.

В рамках опроса клиент может поделиться общими впечатлениями от обслуживания и указать, насколько понятной была консультация, и достаточно ли было одного обращения в контактный центр для решения вопроса.

NPS-метод изучения потребительской лояльности. Лояльность потребителей – образно-положительное отношение потребителей касательно деятельности организации, а также продуктов и услуг, продаваемых, производимых или оказываемых организацией, персонала компании, имиджа организации, торговой марке, логотипу и т. д. Именно наличие лояльности потребителя, то есть его благоприятного отношения к данной компании или ее продукту и является фундаментом стабильного объема ее продаж. Лояльность потребителей является показателем стабильности и успешности компании. Лояльными потребителями можно назвать тех потребителей, которые на протяжении достаточно долгого (сравнительно со сроками функционирования товара) времени остаются «верными» компании и совершают повторные покупки.

Суть методики измерения лояльности методом NPS проста. Она строится на базе одного единственного вопроса: «С какой вероятностью вы порекомендуете нас друзьям?». Потребитель делает выбор по 10-ти балльной шкале. По результатам ответов все респонденты делятся на три группы:

- «Промоутеры» (давшие оценки «9-10») – клиенты, которые лояльны Компании и готовы рекомендовать ее своим знакомым;
- «Нейтралы» (давшие оценки «7-8») – пассивные клиенты Компании, которые в целом удовлетворены Компанией, но не обладают стремлением рекомендовать Компанию другим;

- «Критики» (давшие оценки «1-6») – не удовлетворены Компанией, не будут ее рекомендовать. Возможно, находящиеся в поиске альтернативы.

NPS = NetPromoterScore представляет собой чистый коэффициент лояльности и рассчитывается как разница между процентным соотношением Промоутеров и Критиков.

Опыт РОСГОСТРАХ по изучению удовлетворенности конечных потребителей. Компания РОСГОССТРАХ завершила полномасштабный опрос, посвященный оценке удовлетворенности клиентов компании сервисом при продаже страховых продуктов. Согласно итогам исследования, 95 % клиентов готовы рекомендовать сотрудничество с компанией своим друзьям и знакомым.

В течение двух последних лет РОСГОССТРАХ регулярно проводит опросы своих клиентов, призванные выяснить степень удовлетворенности на разных этапах взаимодействия с компанией – от продаж до урегулирования убытков. При проведении опросов, помимо собственных разработанных в компании методик, используется популярный во всем мире индекс NPS.

В ходе последнего исследования были опрошены несколько тысяч респондентов из 8 регионов России. Клиентам задавались традиционные вопросы о качестве сервиса, вежливости сотрудников, скорости оформления страхового полиса, наличии очередей в офисах продаж, и т. д.

«Среди наиболее значимых результатов – высокий балл за вежливость и признание большинства опрошенных, что специалисты компании ответили на все вопросы и пояснили, что является, а что не является страховым случаем. Клиенты высоко ценят такую честность в отношении к ним страховой компании. Один из главных результатов опроса, которым мы искренне гордимся – 95 % респондентов ответили «да» на вопрос о том, готовы ли они рекомендовать сотрудничество с компанией РОСГОССТРАХ своим друзьям и знакомым».

В процессе сбора информации о степени удовлетворённости потребителей и составлении отчёта, а потом и рекомендаций по этому отчету возникает множество проблем разного характера. Разделим их по признаку происхождения.

Связанные с потребителями:

- отсутствие возможности оценить удовлетворённость потребителя в момент покупки, что объясняется периодом формирования мнения потребителя о приобретённом товаре (в среднем колеблется от 3 дней до 3 недель);

- нежелание потребителей "возиться" с анкетами или вопросниками;

- односторонность оценки товаров и заведомая негативная оценка (обычно наибольшую активность проявляют именно те потребители, которые чем-то не удовлетворены);

- сезонность восприятия различных групп характеристик;

- «разночтение» вопросов маркетологами и непосредственно потребителями.

Связанные с органом проведения опросов:

- неправильная ориентация на классы потребителей;
- некорректная учётная политика опросов;
- завышение или занижение оценки показателей менее значимых параметров продукции;
- банальная халатность при оценке.

Связанные с управлением и руководством

- занижение важности исследований удовлетворённости потребителей;
- снижение финансирования в связи с временными финансовыми трудностями;
- расчёт на короткие сроки получения результатов от использования рекомендаций;
- оценка деятельности отдела маркетинга по личному отношению к его главе (руководителю).

Рассматривая процессы оценки удовлетворённости потребителей нельзя «зацикливаться» на самих исследованиях. Главным является ощущение полезности упомянутых действий, осознание прогрессивности методик и постоянного развития СМК на предприятии (фирме, компании, организации). Исследования ради исследований не приведут фирму к процветанию.

В современной экономике необходимо решать проблемы постоянного улучшения и совершенствования совместно с получением прибыли от мгновенного успеха.

Исходя из наших исследований, большинство компаний подтверждает эффективность оценки удовлетворенности потребителя. Что еще раз подчеркивает актуальность данного вопроса.

УДК 00.006

ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В РАМКАХ ТАМОЖЕННОГО СОЮЗА

А.В. Тюрюмина, Д.А. Григорьев
Научный руководитель О.А. Григорьева
Сибирский федеральный университет

В настоящее время в связи с организацией Таможенного союза принято решение приоритетно разрабатывать не национальные стандарты

России (ГОСТ Р), а межгосударственные, т. е. нормы, которые будут применяться не только в рамках Таможенного союза, но и во всех государствах Евразийского экономического сообщества (АврВзЭС).

Проведенное исследование общего фонда межгосударственных стандартов показало, средний возраст стандартов в фонде составляет 25 лет. Всего в фонде насчитывается 25 тысяч стандартов, и только четверть из них находится в актуальном состоянии, т. е. три четверти необходимо обновлять.

Но в 2011 г. произошел заметный всплеск в тенденции разработки межгосударственных стандартов (динамика разработки стандартов данного вида в период с 2000 г. по 2011 г. приведена на рис. 1), что напрямую связывается с активностью Таможенного союза, в который с 1.07.2010 г. вошли Россия, Белоруссия и Казахстан (далее Стороны) [1].

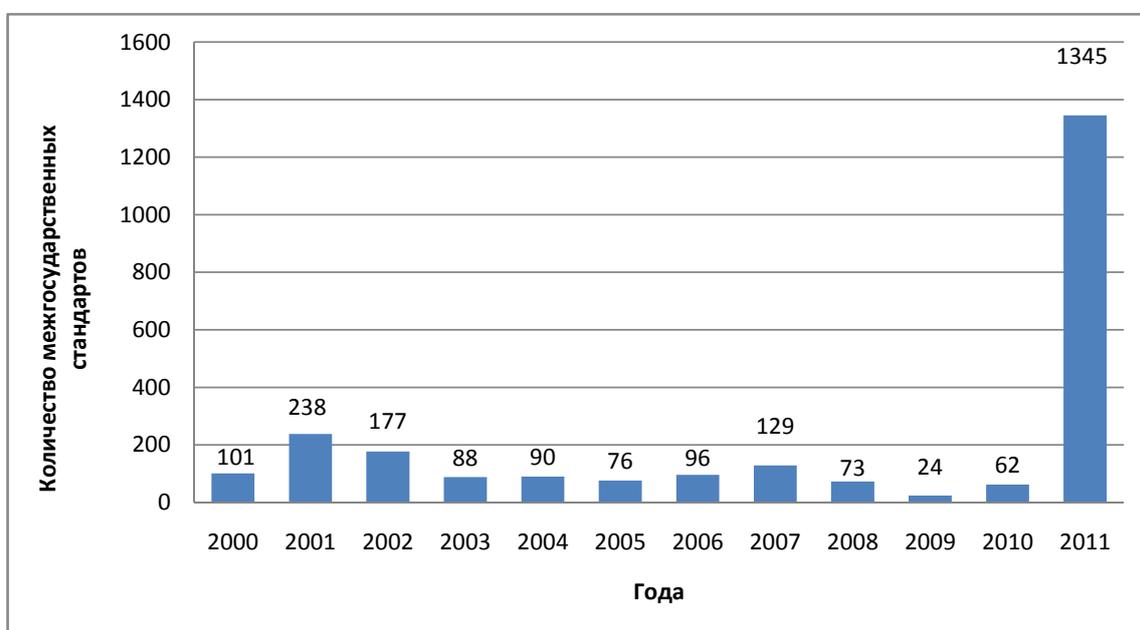


Рис. 1. Динамика разработки межгосударственных стандартов [2]

Согласно договору, подписанному Сторонами, Таможенный союз – это форма торгово-экономической интеграции Сторон, предусматривающая единую таможенную территорию, в пределах которой во взаимной торговле товарами, происходящими с единой таможенной территории, а также происходящими из третьих стран и выпущенными в свободное обращение на этой таможенной территории, не применяются таможенные пошлины и ограничения экономического характера, за исключением специальных защитных, антидемпинговых и компенсационных мер.

Таможенный союз был сформирован в 3 этапа:

- предварительный этап длился до 1.01.2010 г. и завершился подписанием Таможенного кодекса Таможенного союза на заседании Межгоссо-

вета Высшего Евразийского экономического совета на уровне глав государств 27.11.2009 г.; пакета соглашений в области санитарного, фитосанитарного и ветеринарного контроля на Межгоссовете ЕврАзЭС на уровне глав Правительств 11.12.2009 г. в Петербурге; а также введением в действие с 1.01.2010 г. соглашений о едином таможенно-тарифном регулировании, а также едином нетарифном регулировании, а комиссия Таможенного союза получила соответствующие полномочия по их ведению;

- первый этап (до 1.07.2010 г.) был завершён введением в действие таможенного кодекса, как следствие, формированием единой таможенной территории;

- второй этап (до 1.07.2011 г.) завершился осуществлением отмены таможенного и других форм пограничного контроля между государствами-участниками Таможенного союза [3].

По завершению этапов формирования Таможенного союза основными документами, принятыми Таможенным союзом, являются:

- Договор о Комиссии Таможенного союза от 6.10.2007 г. (вступивший в силу 10.10.2008 г.);

- Договор о создании Единой таможенной территории и формировании Таможенного союза от 6.10.2007 г. (вступивший в силу 10.10.2008 г.);

- Соглашение о проведении согласованной политики в области технического регулирования, санитарных и фитосанитарных мер Евразийского экономического сообщества от 25.01.2008 г. (вступившее в силу 4.06.2009 г.);

- Соглашение об обращении продукции, подлежащей обязательной оценке (подтверждению) соответствия, на таможенной территории таможенного союза от 11.12.2009 г. (вступившее в силу 1.07.2010 г.);

- Соглашение о взаимном признании аккредитации органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров), выполняющих работы по подтверждению оценке соответствия от 11.12.2009 г. (вступившее в силу 1.07.2010 г.);

- Соглашение ТС по санитарным мерам от 11.12.2009 г. (вступившее в силу 1.06.2010 г.).

Органы управления Таможенного союза

Высшие органы управления Таможенного союза и их взаимодействие в осуществлении своей деятельности представлены на рис. 2.

Высшим органом Таможенного союза является Межгосударственный Совет:

- на уровне глав государств в состав Совета входят: президент Республики Беларусь, президент Республики Казахстан, президент Российской Федерации;

- на уровне глав правительств: премьер-министр Республики Беларусь, премьер-министр Республики Казахстан, председатель Правительства РФ.

В соответствии с Договором от 6.10.2007 г. страны-члены Таможенного союза учредили Комиссию Таможенного союза – единый постоянно действующий регулирующий орган Таможенного союза, заседания которого проводятся не реже одного раза в месяц.

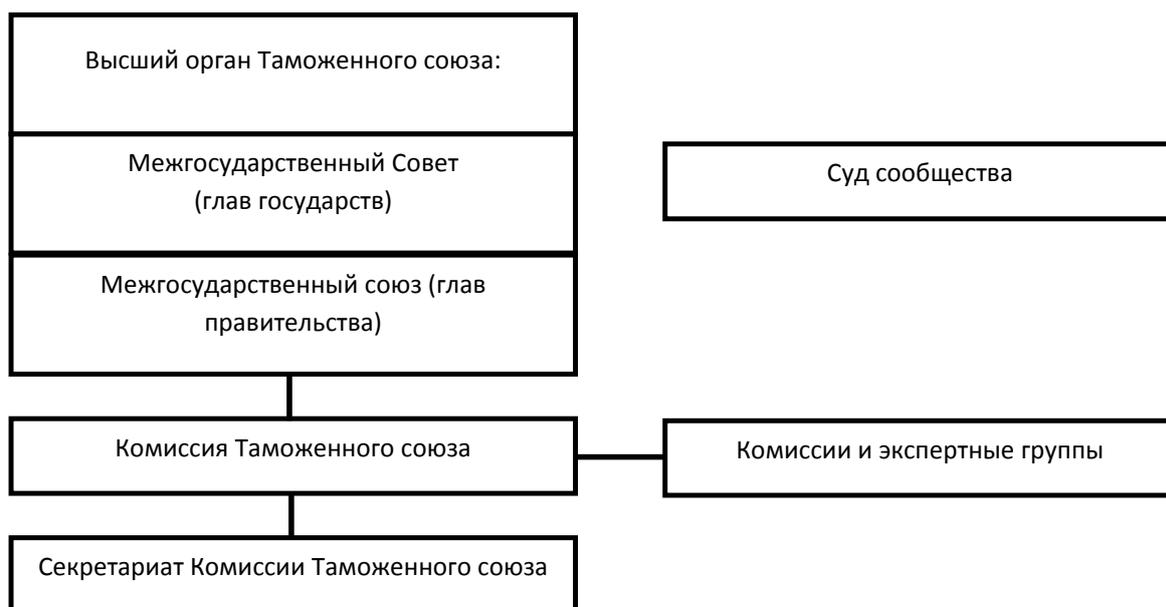


Рис. 2. Схема управления Таможенным союзом

Комиссии переданы следующие функции:

- ведение единого таможенного тарифа и единой ТН ВЭД ТС;
 - ведение вопросов предоставления тарифных квот и порядка их распределения;
 - формирование и ведение единой системы тарифных преференций и применения тарифных льгот;
 - ведение применения единых мер нетарифного регулирования;
 - формирование и ведение единого перечня товаров, к которым применяются запреты или ограничения на ввоз или вывоз государствами-участниками Таможенного союза в рамках Евразийского экономического сообщества в торговле с третьими странами;
 - ведение статистики внешней торговли Таможенного союза;
 - координация в области технического регулирования;
 - принятие технических регламентов, установление норм и правил
- [4].

Техническое регулирование как система обеспечения обращения на рынке безопасной и качественной продукции строится на нескольких уровнях: технические регламенты, стандарты, аккредитация органов

по сертификации испытательных лабораторий, подтверждение соответствия и метрологическое обеспечение. Поэтому в настоящее время создание системы технического регулирования в рамках Таможенного союза ведется по трем основным направлениям:

- первое – разработка, согласование, утверждение единых технических регламентов, введение их в действие и работа по их практическому применению;

- второе – это формирование единого фонда межгосударственных стандартов и сводов правил, являющихся доказательной базой технических регламентов;

- третье – сближение систем аккредитации в области оценки соответствия в Российской Федерации, Казахстане и Беларуси.

Для более четкого и согласованного выполнения этих задач предусмотрен график разработки технических регламентов [5], которые позволят унифицировать требования безопасности продукции, включая санитарные, ветеринарные и фитосанитарные между нашими странами. Сегодня этот график содержит 47 технических регламентов, 25 из которых уже приняты.

Среди них:

- технический регламент № ТР ТС 009/2011 «О безопасности парфюмерно-косметической продукции» принят решением Комиссии Таможенного союза № 799 от 23.09.2011 г. и вступает в силу 01.07.2012 г.;

- технический регламент № ТР ТС 004/2011 «О безопасности низковольтного оборудования» принят решением Комиссии Таможенного союза № 768 от 16.08.2011 г. и вступает в силу 15.02.2013 г.;

- технический регламент № ТР ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования» принят решением Комиссии Таможенного союза № 823 от 18.10.2011 г. и вступает в силу 15.02.2013 г.;

- технический регламент № ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» принят решением Комиссии Таможенного союза № 880 от 09.12.2011 г. и вступает в силу 01.07.2013 г.;

- технический регламент № ТР ТС 013/2011 «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту» принят решением Комиссии Таможенного союза № 826 от 18.10.2011 г. и вступает в силу 31.12.2013 г.;

- технический регламент № ТР ТС 014/2011 «О безопасности автомобильных дорог» принят решением Комиссии Таможенного союза № 827 от 18.10.2011 г. и вступает в силу 15.02.2015 г [6].

В итоге можно сделать вывод, что в рамках Таможенного союза стандартами, которые используются для подтверждения соответствия продукции требованиям технических регламентов, в силу многих причин должны быть именно межгосударственные стандарты, так как это будет

способствовать снижению барьеров по продвижению продукции Российской Федерации в другие страны СНГ, созданию предпосылок для легкого переходы к единой системе технического регулирования, существенному упрощению процесса разработки стандартов и технических регламентов, формированию единой базы межгосударственных стандартов, сближению систем аккредитации, что в перспективе облегчит сближение и гармонизацию с системой европейских стандартов.

Список литературы

1. Бенько, А. Тройственный союз/А. Бенько// Рэспублика. – 2011. № 185. – С. 5.
2. Реформа технического регулирования: партия экспертов [Электронный ре-сурс]: информационный центр/ ПРОФИТ, 2011. – Режим доступа: http://cntd-sib.ru/actual/actual_14.html. – Загл. с экрана.
3. Глазьев, С. Ю. Зачем нужен таможенный союз? [Электронный ресурс]: специализированный информационный портал/ Евразийский деловой совет – Режим доступа: http://www.evrazes-bc.ru/userfiles/file/bibl/glazev_zachem_nujen_tam_souz.pdf. – Загл. с экрана.
4. Максимов, Ю.А. Таможенный союз: аспекты формирования единого таможен-ного пространства/ Ю.А. Максимов// Влада.Людина.Закон. – 2009. № 4. – С. 25-36.
5. Техническое регулирование в условиях Единого экономического пространства [Электронный ресурс]: специализированный журн. / Метал-лоснабжение и сбыт. – Электронный журнал. – 2012. – Режим доступа: <http://www.metalinfo.ru/ru/news/54343>. Загл. с экрана.
6. Официальный сайт Комиссии Таможенного союза [Электронный ресурс]: со-держит информацию о деятельности Таможенного союза – Режим доступа: <http://www.tsouz.ru/db/techreglam/Pages/tecnicalreglament.aspx>. Загл. с экрана.

НЕФТЬ И ГАЗ: ГЕОЛОГИЯ И РАЗРАБОТКА НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

УДК 65.011.56:669.1

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОДОГРЕВА НЕФТИ В ПЕЧИ ТРУБЧАТОЙ БЛОЧНОЙ ПТБ-10Э

Д.А. Волков

Научный руководитель Г.Б. Даныкина

Сибирский федеральный университет

Нефть – природная маслянистая горючая жидкость, состоящая из сложной смеси угле-водородов и некоторых других органических соединений. Процесс подогрева нефти осуществляется с целью улучшения реологических свойств и снижения вязкости нефти. На нефтяном промысле подогрев нефти проводят при её деэмульсации в трубчатых печах до температуры 40-85 °С. Подогрев нефти позволяет ускорить процесс разрушения и разделения нефтяных эмульсий, т. е. добиться более глубокого обес-соливания нефти и обезвоживания нефти.

Наиболее совершенным способом подогрева нефти является подогрев ее в трубчатых блочных печах, например, в трубчатой блочной печи ПТБ-10Э, которая предназначена для нагрева нефтяных эмульсий и нефти при их промысловой подготовке и транспорте.

Характерной особенностью печей данного типа является более благоприятный в сравнении с другими печами тепловой режим поверхностного нагрева, обеспечивающий «мягкий» нагрев продукта в трубах змеевиков и, тем самым, предотвращающий коксообразование. Этот режим, при котором поверхности труб змеевиков получают равномерный нагрев, достигается путем создания достаточного равномерного поля по всему внутреннему объему теплообменной камеры за счет интенсивной рециркуляции продуктов сгорания топлива.

Основные преимущества этих печей заключаются в следующем:

- имеется электрическая система управления с внедрением микро-процессорной системы автоматизации, что обеспечивает возможность ра-

боты в составе автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП). Отсутствует необходимость приобретения компрессорной установки для поддержания давления в пневматической линии, т. к. все исполнительные механизмы запорной арматуры заменены на электрический привод;

- в теплообменной камере дополнительно установлены однорядные змеевики, расположенные вдоль боковых стен, что позволяет повысить КПД печи до 85 %;

- с помощью контроля соотношения газ-воздух обеспечивается точность и простота регулирования температуры нефти, а также обеспечивается более полное сгорание топливного газа.

Как объект управления трубчатую блочную печь можно представить в виде, показанном на рис. 1.

Анализ процессов, протекающих в печи ПТБ-10Э, позволяет выделить основные входные, выходные параметры, а также возмущающие воздействия.

Входными параметрами являются:

- дозрывоопасная концентрация (контролируемый параметр);
- температура уходящих дымовых газов (контролируемый параметр);
- наличие пламени запальных горелок (контролируемый параметр);
- температура нефти на входе (контролируемый параметр);
- давление воздуха (регулирующий параметр);
- давление газа (регулирующий параметр);
- давление холодной нефти (контролируемый параметр);
- давление подогретой нефти (контролируемый параметр).

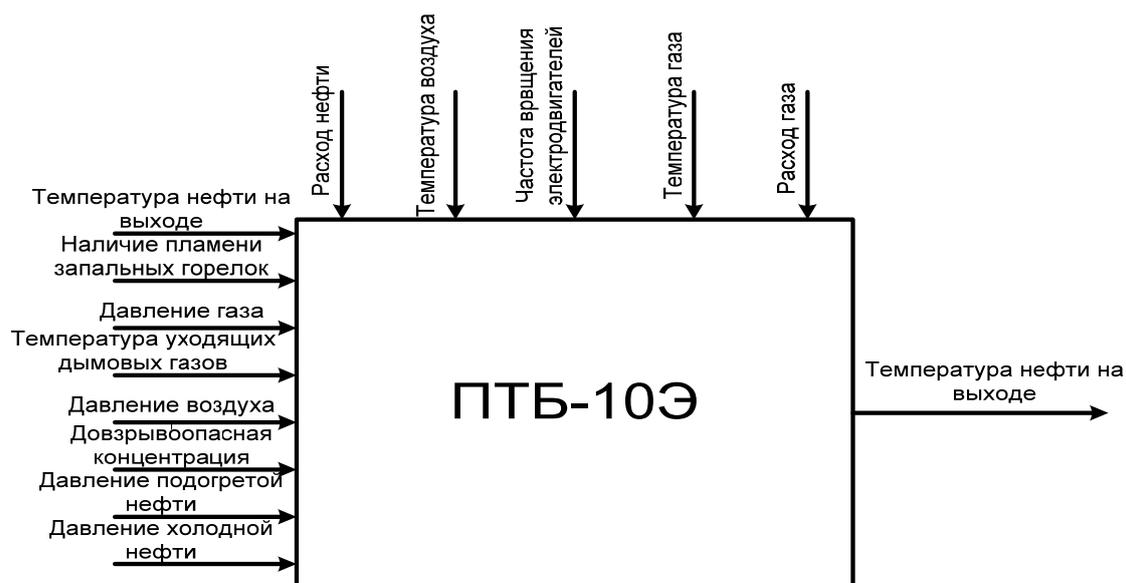


Рис. 1. Печь ПТБ-10Э как объект управления

Возмущающие воздействия:

- температура воздуха (контролируемый параметр);
- температура газа (контролируемый параметр);
- частота вращения электродвигателей (контролируемый параметр);
- расход нефти (контролируемый параметр);
- расход газа (контролируемый параметр);
- качество нефти (неконтролируемый параметр).

Выходные параметры:

- температура нефти на выходе.

Для поддержания входных и выходных параметров на заданном уровне необходимо автоматизировать трубчатую блочную печь. Структурная схема АСУ ТП подогрева нефти в печи ПТБ-10Э приведена на рис. 2.

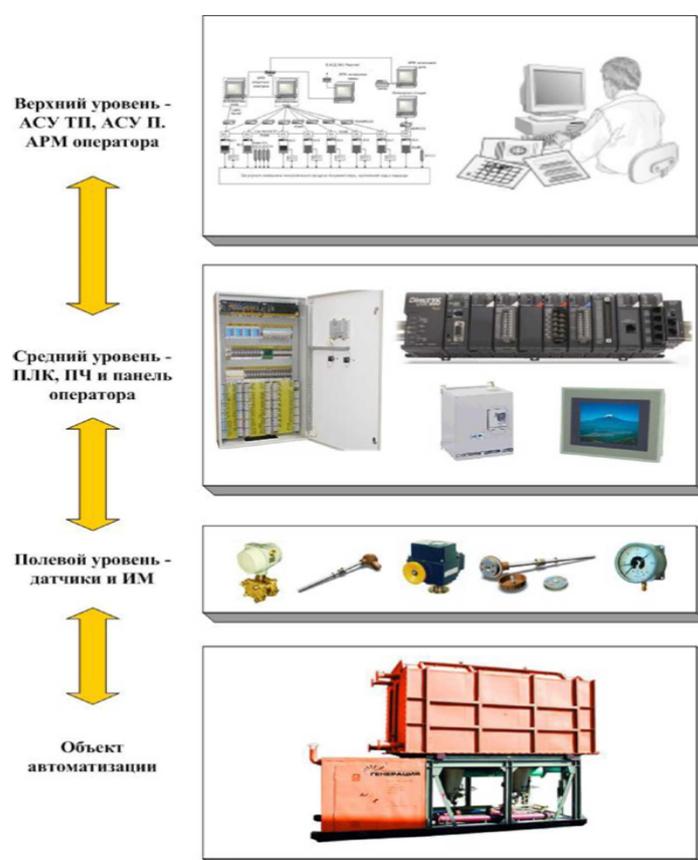


Рис. 2. Структура АСУ ТП печи ПТБ-10Э

Система управления ПТБ-10Э представляет собой комплекс программных и технических средств, выполняющих задачу автоматизированного контроля и управления технологическими процессами подогрева нефти.

Система управления состоит из трех уровней:

- **полевой уровень** – датчики и исполнительные механизмы, устанавливаемые непосредственно на печи;

- **средний уровень** – шкафы управления с программируемым логическим контроллером и панелью оператора, а также частотный привод для управления вентиляторами;

- **верхний уровень** – технологический компьютер с установленным АРМ оператора для дистанционного контроля и управления объектом.

Для управления и визуализации, диагностики и слежения за процессом на централизованном пункте управления, обеспечивающем быстрый доступ ко всем данным и позволяющем производить глобальные настройки, используется система GENESIS-32. GENESIS-32 – это программный комплекс, предназначенный для разработки, настройки и запуска в реальном времени систем управления технологическими процессами. Программный комплекс включает в себя режим разработки АСУ и режим исполнения (run-time).

Вся идеология построения GENESIS-32 основана на стандарте OPC – *OLETM for Process Control* (механизм связывания и внедрения объектов для сбора данных и управления в системах промышленной автоматизации), который является наиболее общим способом организации взаимодействия между различными источниками и приемниками данных, такими как устройства, базы данных и системы визуализации информации о контролируемом объекте автоматизации. На рис. 3 представлена мнемосхема процесса подогрева нефти, на которой отображено технологическое оборудование и измерительные приборы для контроля температуры нефти на входе и выходе из печи, температуры воздуха, температуры уходящих дымовых газов, регулирования давления воздуха и топливного газа.

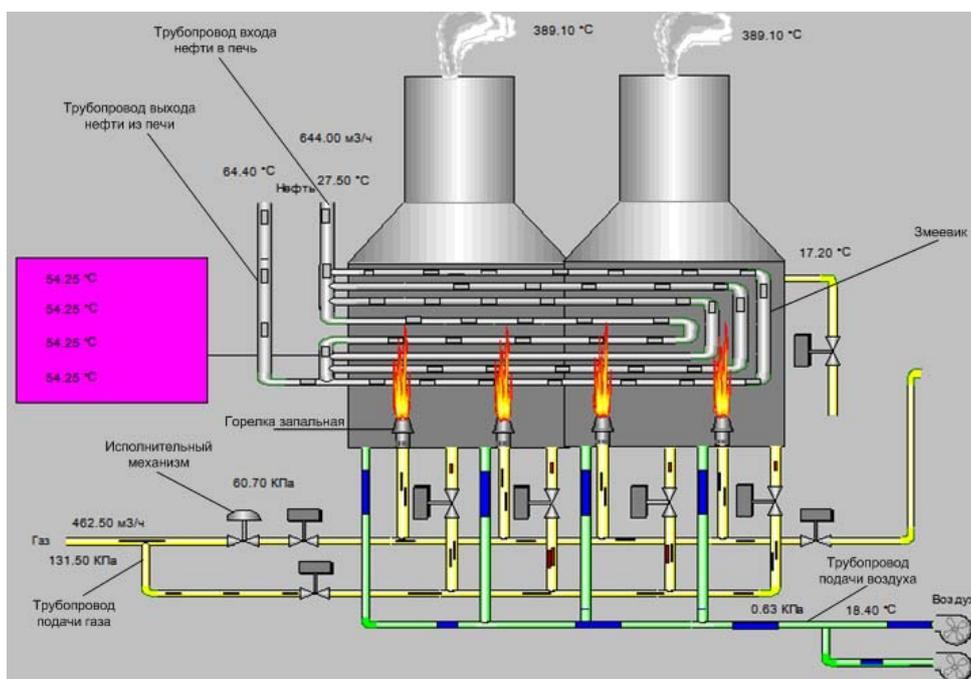


Рис. 3. Мнемосхема печи ПТБ-10Э

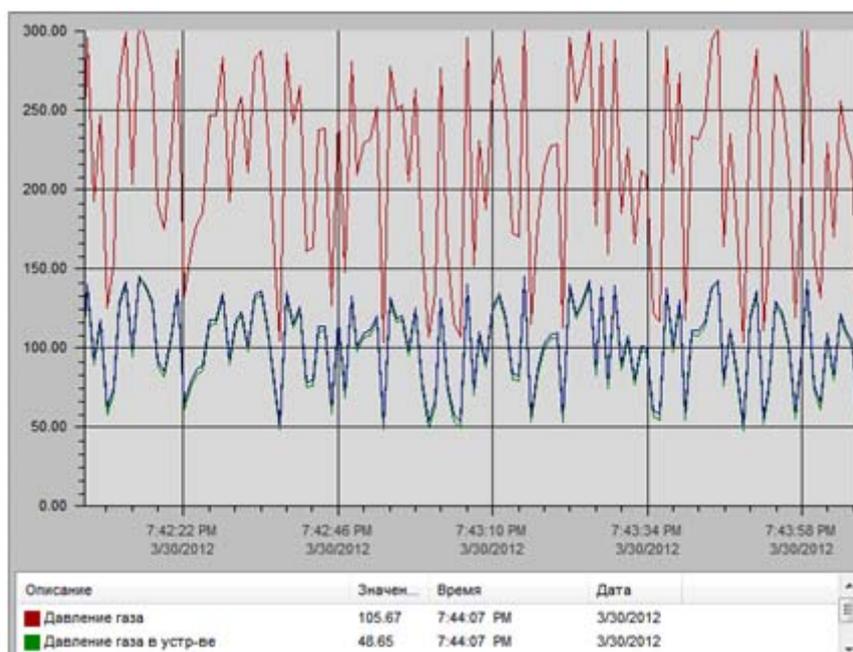


Рис. 4. Мнемосхема архива параметров печи ПТБ-10Э

На рисунке 4 изображена мнемосхема архива параметров печи ПТБ-10Э. С помощью данной мнемосхемы можно производить просмотр изменения значений аналоговых параметров.

В верхней части мнемосхемы изображены кривые параметров в выбранном оператором масштабе, в нижней части – список параметров с их значениями и отметкой времени регистрации.

Так же на рис. 5 изображена специальная мнемосхема журнала событий, которая предназначена для просмотра аварийной и предупредительной сигнализации.

Value	Priority	Type	Quality	Comment
1.100000E+	500	LO	Good - Non-Specific	8:11:
1.100000E+	300	LO	Good - Non-Specific	8:11:
1.600000E+	400	LO	Good - Non-Specific	8:11:
7.000000E+	300	LO	Good - Non-Specific	8:11:
1.100000E+	475	LO	Good - Non-Specific	8:11:
7.293345E+	500	HI	Good - Non-Specific	8:11:
1.100000E+	500	Rate of Change	Good - Non-Specific	8:11:
1.000000E+	800	LOLO	Good - Non-Specific	8:10:
0.000000E+	900	LOLO	Good - Non-Specific	8:08:
0.000000E+	850	HNI	Good - Non-Specific	8:08:
0.000000E+	500	HI	Good - Non-Specific	8:08:
	600			7:42:

Рис. 5. Мнемосхема журнала событий

Разработанная автоматизированная система управления технологическим процессом подогрева нефти в печи ПТБ-10Э приведет к оптимизации

режимов работы оборудования, повышению уровня эксплуатации, повышению экономичности работы оборудования, повышению надёжности и долговечности работы основного оборудования, уменьшению психофизической нагрузки и вероятности ошибочных действий оперативного персонала.

УДК 665.6

МЕРКАПТАНОВАЯ СЕРА ДИЗЕЛЬНОЙ ФРАКЦИИ НЕФТИ ЮРУБЧЕНО–ТОХОМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В.Р. Гилязова, Д.В. Шалгынов
Научный руководитель Н.Ф. Орловская
Сибирский федеральный университет

В настоящее время широкое распространение получают технологии так называемых мини-нефтеперерабатывающих заводов с объёмом переработки нефти менее 100 – 200 тыс. т в год. Это обусловлено следующими причинами:

- интенсивное развитие районов Крайнего севера, Центральной и Восточной Сибири требует увеличения объёмов потребления горюче-смазочных материалов;
- рост стоимости нефтепродуктов и их доставки до потребителя в труднодоступные и удалённые районы.

В связи с этим целесообразно получения качественных нефтепродуктов из нефти на месте ее добычи или вблизи месторождений.

Примером такого решения в Красноярском крае являются: Байкитский НПЗ.

Комплекс переработки нефти в пос. Байкит предназначен для переработки сырой нефти в объёме 30 тыс. т/год. В основу производственного цикла положена установка атмосферной перегонки нефти «MFU-2000» фирмы Val Verde International. При перегонке нефти получают прямогонный бензин, дизельное топливо, топочный мазут.

В качестве сырья на установке используется нефть Юрубченского и Куюмбинского месторождений, расположенных вблизи поселка.

В ходе пуско-наладочных работ и вывода установки на технологическую мощность производства нефтепродуктов, было выявлено сильное коррозионное разрушение и образование отложений на внутренних поверхностях технологического оборудования.

На кафедре ТОГСМ ИНГ СФУ проводились исследования, в результате которых были выяснены причины этого явления. Нефть ЮТМ содер-

жит нестойкие серосодержащие соединения, которые разлагаются при нагревании в условиях атмосферной перегонки с выделением коррозионно активных сероводорода и легких меркаптанов (таблица 1).

Таблица 1. Содержание сероводорода и лёгких меркаптанов в нефти Юрубчено-Тохомского месторождения и дистилляте, полученном на Байкитском нефтеперерабатывающем заводе

Наименование пробы	Сероводород, мг/кг	Лёгкие меркаптаны сумма, мг/кг	Метилмеркаптан, мг/кг	Этилмеркаптан, мг/кг
Юрубченская нефть	Не обнаружено	0,136	Не обнаружено	0,136
Дизельная фракция Юрубченской нефти	Не обнаружено	0,404	0,237	0,167

Был разработан метод определения количества сероводорода и легких меркаптанов, выделяющихся при нагревании нефти в условиях атмосферной перегонки (Патент РФ № 2426985 «Способ определения содержания сероводорода и легких меркаптанов в нефти. Авторы: И.В. Надежкин, Н.Ф. Орловская). Этот метод позволяет выявлять агрессивные нефти и перерабатывать их отдельно с соблюдением мер повышенной защиты оборудования.

Дальнейшие исследования касались дистиллятов нефти Юрубчено-Тохомского месторождения. Для выделения серосодержащих соединений была проведена экстракция дизельной фракции серной кислотой по методу З.И. Сюняева, затем – рекстракция разбавленного сернокислотного экстракта диэтиловым эфиром. ГХ/МС анализ эфирного экстракта показал присутствие 1-октадекантиола, что показано на рис. 1.

Этот высший меркаптан участвует в образовании осадков в при окислении дизельного топлива. Одной из главных причин образования смолистых отложений на иглах распылителей форсунок, вызывающих зависание игл, при работе дизельных двигателей на сернистом дизельном топливе является присутствие меркаптанов. На основании лабораторных исследований и эксплуатационных испытаний сернистых дизельных топлив, содержащих меркаптаны различного строения, в ГОСТ 305 было введено ограничение по содержанию последних не более 0,01 %.

По содержанию 1-октадекантиола мы рассчитали содержание меркаптановой серы в дизельной фракции Юрубченской нефти. По результатам расчетов содержание меркаптановой серы составляет 0,016 % масс., что превышает значение, допустимое ГОСТ 305. При определении меркаптановой серы в дизельной фракции по ГОСТ 17323 значение этого показателя качества оказалось больше расчетного: 0,035 % масс.

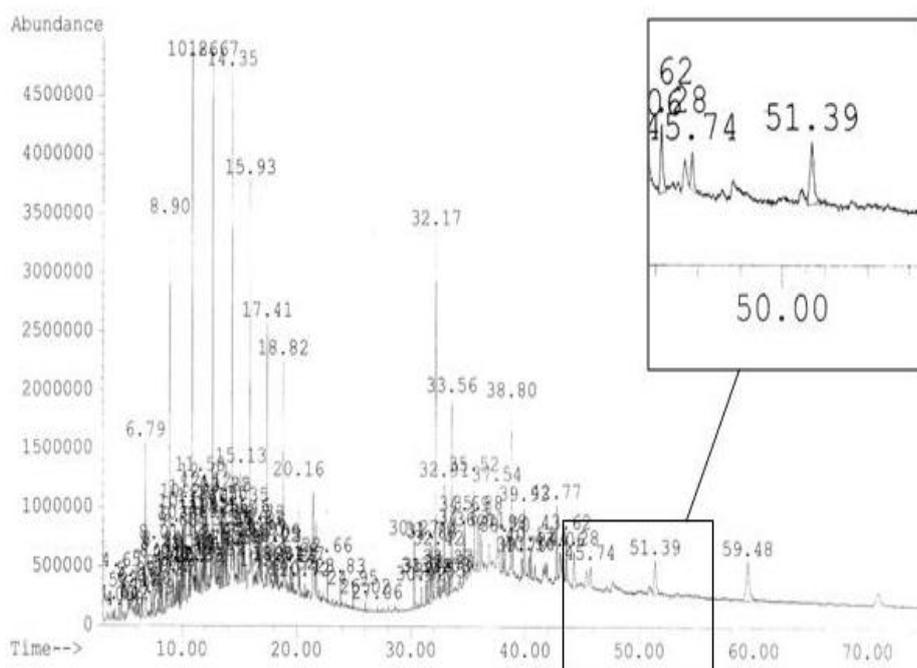


Рис. 1. Хроматограмма экстракта дизельной фракции нефти Юрубчено-Тохомского месторождения

Для доведения качества дизельного топлива до требований стандарта мы предлагаем действие кислорода воздуха на дизельное топливо в присутствии катализаторов. В этих условиях меркаптаны превращаются в химически менее активные дисульфиды.

УДК 629.7.063.6

ТЕХНОЛОГИЯ ЗАЧИСТКИ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ АВИАЦИОННЫХ ТОПЛИВ

Д.Д. Селин, Ю.Г. Серебренникова
Научный руководитель Ю.Ф. Кайзер
Сибирский федеральный университет

В процессе использования резервуаров необходимо соблюдать правила их технической эксплуатации, в том числе своевременно контролировать, выявлять и устранять возникающие дефекты.

Зачистка резервуаров от остатков хранящегося продукта является необходимым условием, без выполнения которого невозможны диагности-

ка и ремонт. Также зачистка необходима перед сменой продукта в резервуаре, для освобождения от парафиновых отложений, высоковязких осадков с наличием минеральных загрязнений, ржавчины и воды.

Резервуары для авиационного топлива, к которому предъявляются повышенные требования качества, очищаются не менее двух раз в год. Технологический процесс должен выполняться в соответствии с утвержденным регламентом, "Правилами технической эксплуатации резервуаров и руководством по их ремонту" и другой утвержденной в установленном порядке нормативно-технической документацией.

Технологический процесс определяет принципиальную схему обвязки оборудования, последовательность проведения операций зачистки резервуара от остатков нефтепродукта в зависимости от следующих факторов:

- типа и размеров резервуара (вертикальные, горизонтальные, с понтоном или без понтона);
- физико-химических свойств нефтепродукта (вязкость, пожаро- и взрывоопасность);
- количества донного осадка;
- – цели зачистки.

Технологический процесс зачистки резервуаров от остатков светлых нефтепродуктов предусматривает следующие операции:

- работы по обеспечению безопасности процедуры зачистки;
- предварительная дегазация резервуара;
- откачка технологических остатков нефтепродуктов;
- очистка внутренней поверхности емкости;
- дегазация резервуара (проводится до достижения санитарных и противопожарных норм);
- удаление донных отложений;
- завершающие работы по зачистке резервуаров от нефтепродуктов и проверка качества зачистки.

Резервуары зачищают следующими методами: ручным, механизированным, химико-механизированным и комбинированным.

Ручной (рис. 1), когда все технологические операции по зачистке выполняют вручную, бригадой из 3-х человек (чистильщиков) с использованием технической воды, моющих препаратов, растворителей, а также ведер, метел, лопат, скребков, совков и ветоши.

Данная технология зачистки резервуаров имеет ряд недостатков:

- высокая трудоемкость;
- высокая себестоимость;
- низкая эффективность;
- низкая экологичность;
- неблагоприятными условиями труда;
- повышенная пожаровзрывоопасность.

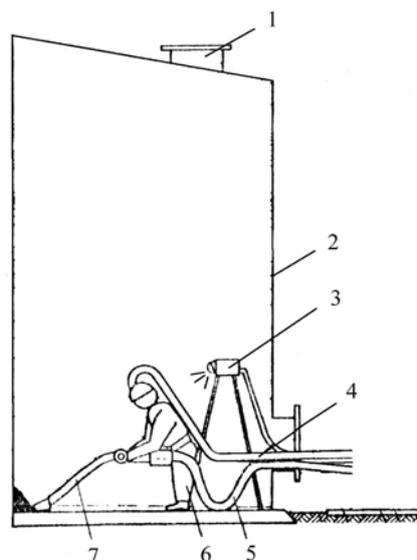


Рис. 1. Ручная технология зачистки резервуаров:

1 – световой люк; 2 – резервуар РВС; 3 – фонарь; 4 – трубопровод подачи воздуха (шланговый противогаз); 5 – трубопровод подачи моющих средств, воды и растворителя; 6 – чистильщик; 7 – скребок (лопата, совок)

Механизированный, когда все операции по зачистке резервуаров выполняют с применением насосов (с пневмоприводом), механических щеток, сжатого воздуха и т. д. Механизированный способ зачистки значительно сокращает время, уменьшает простой резервуара, уменьшает объем тяжелых операций, вредных для здоровья человека, и снижает стоимость процесса зачистки резервуара. К недостаткам механизированного способа зачистки резервуаров следует отнести большой расход тепловой энергии на подогрев холодной воды, необходимость откачки загрязненной воды на очистные сооружения, сравнительно большие потери легких фракций из нефтеостатков.

Химико-механизированный способ зачистки резервуаров с применением растворов моющих средств, способствует повышению качества очистки, интенсивности процесса очистки, характеризуется незначительной степенью применения ручного труда. Основными недостатками способа, ограничивающими возможности его практического применения, являются необходимость использования специального реагента и дальнейшая очистка растворов моющих средств от нефтешламов (нефтеостатков).

Комбинированный, сочетающий в себе ручной и механизированный методы зачистки.

В результате анализа установлено, что наиболее эффективным, экономичным и экологически чистым является химико-механизированный способ зачистки резервуаров.

Применение химико-механизированного способа позволяет производить высококачественную зачистку в самых труднодоступных местах ре-

зервуаров. Для повышения качества очистки разработано принципиально новое техническое моющее средство – безотходный отмыватель конструкций техническое моющее средство (ТМС) «БОК», позволяющий отделять углеводородные соединения нефтепродуктов от разного рода материалов.

Принцип его действия основан на создании расклинивающего эффекта, отрывающего нефтяные загрязнения от поверхности и переводящего их в раствор, а также высокой диэмульгирующей способности, обеспечивающей легкое разделение моющего средства и нефтепродукта. Моющее средство не вступает в химическую реакцию с нефтепродуктами, обладает антикоррозионными свойствами, может многократно применяться при использовании в оборотном цикле, обладает малой степенью токсичности. Существенным преимуществом использования данной технологии является отсутствие необходимости в утилизации продуктов отмыва.

Техническое моющее средство «БОК» имеет несколько модификаций, специально разработанных для разных типов загрязнений и поверхностей, т. к. очевидно, что отмыв светлых нефтепродуктов отличен от отмыва мазута, а процесс обезжиривания металлических поверхностей принципиально отличается от очистки почв и грунтов от нефтепродуктов.

Технология зачистки резервуаров основана на использовании по замкнутому циклу технического моющего средства, отделяющего загрязнения от внутренних поверхностей резервуара и образующего неустойчивую эмульсию с нефтепродуктом. Эмульсия в последующем разделяется на оборотный раствор и нефтепродукт.

Далее зачистка осуществляется в следующем порядке:

- а) водный раствор с ТМС «БОК» подается из универсальной мобильной промывочной станции (УМПС) в резервуар через моечную машинку;
- б) по линии 9 (рис. 2) насос откачивает смешанные с раствором «БОК» остаточные нефтепродукты в установку УМПС;
- в) процесс отмывки повторяется до полной очистки резервуара;
- г) время (кратность) отмывки зависит от площади отмываемой поверхности, ее загрязненности и времени года;
- д) после отстоя (10-15 мин) выделенные из раствора нефтепродукты перекачиваются в резервуар 5 и могут быть использованы по назначению;
- е) очистившийся водный раствор «БОК» направляется для отмывки следующих резервуаров;
- ж) отмывтый (зачищенный) резервуар должен быть принят от ответственного лица-бригадира специально назначенной комиссией с оформлением акта.

Данная технология зачистки резервуаров основана на использовании по замкнутому циклу технического моющего средства, отделяющего загрязнения от внутренних поверхностей резервуара и образующего неус-

тойчивую эмульсию с нефтепродуктом. Эмульсия в последующем разделяется на обратный раствор и нефтепродукт, который после прохождения системы очистки возвращается заказчику, что является наиболее выгодным по сравнению с традиционными ТМС.

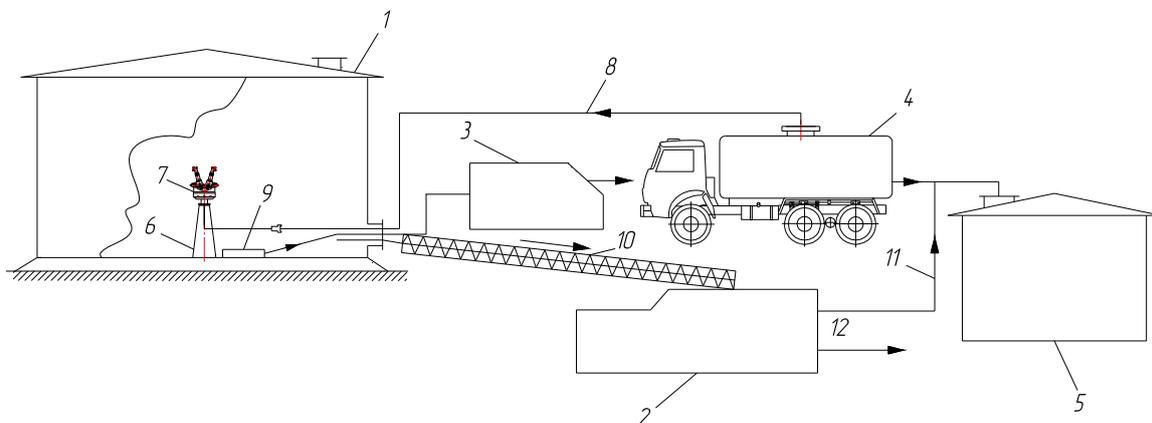


Рис. 2. Принципиальная технологическая схема зачистки вертикальных цилиндрических резервуаров:

1 – резервуар для хранения нефтепродуктов; 2 – установка для рекультивации тяжелых нефтеотходов (УРТН); 3 – насос для откачки остаточных нефтепродуктов в смеси с ТМС «БОК»; 4 – установка универсальной мобильной промывочной станции УМПС для подачи чистого моющего раствора с ТМС «БОК» в резервуар 1, а также для разделения загрязненной смеси моющего раствора на фракции: нефтепродукт – чистый моющий раствор с ТМС «БОК»; 5 – резервуар для слива декантированных нефтепродуктов; 6 – опора; 7 – моечная машинка; 8 – линия подачи чистого раствора ТМС «БОК»; 9 – трубопровод для откачки смеси нефтепродуктов с ТМС «БОК»; 10 – линия подачи тяжелых нефтеотходов и примесей в УРТН с помощью шнека; 11 – трубопровод для отведения отмытых нефтепродуктов; 12 – линия выведения отмытых шламов

Основные преимущества при использовании химико-механизированного способа с применением ТМС «БОК» являются:

- значительное ресурсосбережение теплоэнергоресурсов, водопотребления, технических моющих средств;
- снижение затрат на утилизацию и транспортировку нефтеотходов, строительство новых и реконструкцию действующих очистных сооружений, охрану труда и производственную санитарии, обеспечение экологических требований; снижение времени обработки поверхностей.

Основными составляющими экологического эффекта от внедрения предлагаемых технологий являются:

- рекультивация и возвращение в природооборот загрязненных отходами нефтепродуктов территорий (грунтов);
- снижение количества отходов, подлежащих захоронению или сжиганию;
- сокращение площадей, отводимых под захоронение нефтеотходов;

- исключение необходимости сливов отработанных моющих составов и использования стационарных очистных сооружений;
- существенное снижение уровня загрязнения водных акваторий.

УДК 629.7.621.892

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ В АВИАЦИОННЫХ ГОРЮЧЕ-СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛАХ

О.Е. Тарасенко

Научный руководитель Ю.Ф. Кайзер

Сибирский федеральный университет

В процессе получения и применения нефтепродуктов постоянно возникает проблема их очистки от воды и механических примесей. Так как влияние воды и механических примесей на авиационные горюче-смазочные материалы (авиаГСМ) является одной из основных причин ухудшения эксплуатационных свойств. Загрязнение нефтепродуктов начинается на НПЗ и продолжается по всей цепочке их дальнейшего применения. Попадание воды в авиаГСМ неизбежно.

Эта проблема является весьма существенной для авиации, где требования к качеству горюче-смазочных материалов особенно высоки. Вода попадает в топливо и масла при проникновении продуктов сгорания в систему смазки, при реакции окисления масел и при их непосредственном контакте с воздухом. Это происходит при больших и малых дыханиях резервуаров, в результате попадания воды из воздуха, в виде инея со стенок баков и другим образом. Вода в нефтепродуктах может находиться как в растворенном, так и в свободном (эмульсионном или в виде отстоя) состоянии.

Вода в эмульсионном состоянии главным образом оказывает самое пагубное влияние на эксплуатационные свойства авиационных горюче-смазочных материалов. Образование и использование водно-масляных и водно-топливных эмульсий приводит к значительному экономическому ущербу.

Обводненные авиаГСМ вызывают:

- коррозионный износ оборудования;
- длительную продолжительность при подготовке авиаГСМ к эксплуатации;
- перемораживание оборудования в зимнее время;
- потери нефтепродуктов при сливе отстоев из цистерн топливозаправщиков и резервуаров;

- понижение смазывающих свойств авиаГСМ;
- снижение эффективности каталитических процессов;
- нарушения процессов сгорания топлива в двигателе.

В 2007 г. был проведен анализ статистических данных обводнения нефтяных масел при эксплуатации авиационной техники. Было отобрано 248 проб масел из масляных и гидравлических систем техники, с разным ресурсом наработки систем и масел. В 92 случаях выявлено наличие воды, концентрация которой превышает требования нормативной документации. При том, что в РФ допустимое количество содержания воды в авиамаслах 0,03 % (по массе).

В настоящее время для определения содержания воды в авиаГСМ известны следующие методы: химические, электрохимические, физико-химические, физические, оптические, ядерно-физические. Далее рассмотрим подробнее выше перечисленные методы определения содержания воды.

Химические методы делятся на качественные и количественные. Качественные методы основаны на добавлении в нефтепродукт индикаторов (чаще всего соли). Например, в индикаторном элементе прибора определения загрязненности Титова (ПОЗ-Т) использована аналогичная лента, один слой которой пропитан серноокислой солью трехвалентного железа, а другой – желтой и красной кровяными солями.

Измерение содержания в топливе свободной воды и механических примесей с помощью прибора ПОЗ-Т основано на визуальной оценке состояния индикаторного элемента сразу после пропускания через него топлива в течение 7-10 с. Наличие одного голубого отпечатка свидетельствует о содержании свободной воды не более 0,0015 %, при наличии двух – не более 0,0025 %, при наличии трех – более 0,003 %. При пропускании топлива механические примеси оседают на фильтре, вызывая его потемнение. Количество механических примесей определяют сравнением отпечатка с контрольным отпечатком, соответствующим содержанию в топливе механических примесей 0,0002 %.

Для повышения эффективности визуального контроля наличия свободной воды к пробе топлива добавляют, например, марганцовокислый калий, который, растворяясь в воде, окрашивает её в характерный цвет, хорошо видимый на глаз. Количественные методы могут быть основаны на изменении объема газа, выделяемого при взаимодействии воды с некоторыми химическими веществами (гидрад кальция, нитрид магния, карбид кальция), либо на процессах титрования в жидкой среде, либо на измерении количества тепла, выделяемого в ходе взаимодействия воды с некоторыми веществами в условиях, исключающих теплообмен с окружающей средой (количество выделяемого тепла равно количеству содержания воды).

Электрохимические методы заключаются в измерении количества электричества, которое будет израсходовано на электрохимические процессы. Оно будет равным содержанию воды в том случае, если чувствительный в воде реагент способен образоваться на электроде электрохимической ячейки или продукты реакции могут быть количественно изменены при электролизе (по закону Фарадея). Данные методы пригодны для непрерывного определения воды в потоке нефтепродуктов. Преимущество их – высокая чувствительность и отсутствие необходимости в эталонных образцах, а основной недостаток – применение для извлечения воды из нефтепродукта инертного газа, требующего предварительной осушки.

Физико-химические методы определения содержания воды в нефтепродуктах основаны на индивидуальных свойствах воды. Отделение воды может быть достигнуто применением газовой хроматографии. Газовая хроматография основана на том, что между концентрациями вещества, находящегося в газовой фазе и в объеме жидкости, существует равновесие, количественно выражаемые коэффициентами адсорбции. Далее эти соединения разделяют потоком газа на две зоны. И путем лабораторной установки измеряют количество содержания воды. На эффективность разделения большое влияние оказывают температура и скорость газа-носителя, а также параметры колонки.

В качестве примера физико-химических методов можно привести метод Дина-Старка (ГОСТ 2477-65). Сущность метода состоит в нагревании пробы нефтепродукта с нерастворимым в воде растворителем и измерении объема сконденсированной воды. Однако минимальное содержание свободной воды, которое можно определить по данному методу составляет 0,03 %, что является пределом чувствительности метода. Таким образом, недостатки физико-химических методов ограничивают их применение, поэтому предпринимаются попытки усовершенствования.

Физические методы подразделяются на количественные и качественные методы определения воды в авиаГСМ. Качественное определение производится в лабораторных условиях по ГОСТ 1547-74 с помощью прибора, состоящего из масляной бани, в которую помещена пробирка с испытуемым авиамаслом. Если при нагревании масла до 130-150 °С наблюдается вспенивание масла или слышится потрескивание, следовательно, в пробе имеется вода. Также за рубежом применяются материалы, которые имеют свойство набухать при контакте с содержащейся в нефтепродукте водой, либо светиться в присутствии воды при ультрафиолетовом облучении и т. п. А количественные физические методы являются неразрушаемыми методами определения содержания воды в нефтепродуктах. Наиболее распространены гравиметрия, измерение плотности и диэлькометрия. Эти методы как правило не требуют сложного оборудования. Далее рассмотрим один из вышеперечисленных методов.

Диэлькометрический метод (ГОСТ 14203-69) осуществляется с применением влагомеров. Влажность лабораторными влагомерами определяют путем заполнения емкостного датчика пробой нефти, отобранной заранее (по объему). В результате определения находят влажность в % по объему ($W_{об}$) и затем при необходимости вычисляют массовую концентрацию в %.

Массовую концентрацию воды ($W_{мас}$) в % вычисляют по формуле:

$$W_{мас} = \frac{W_{об}}{d}, \quad (1)$$

где d – относительная плотность нефти (нефтепродукта) при 20 °С.

Определение содержание воды путем измерения диэлектрической проницаемости основано на том, что у нефтепродуктов этот показатель колеблется от 1,75 до 2,5, а у воды с учетом ее дипольного момента 81. Именно эта величина применяется при выводе теоретических формул смещения, выражающих связь диэлектрической проницаемости смеси с концентрацией воды.

К недостаткам физических методов можно отнести то, что определение влажности производится на лабораторных установках, т. е. стационарно. Созданные на основе ГОСТ 14203-69 приборы (Анализатор СИМ-4, Анализатор ВАД-40М) могут использоваться мобильно, но диапазон измерения содержания воды не подходит для использования их в авиации.

В основе *оптических методов* определения воды в авиаГСМ лежит измерение интенсивности поглощения света в любом диапазоне длин волн в соответствии с законом поглощения Бугера-Ламберта-Бера:

$$D = \frac{J_0}{J} = \ln \frac{1}{T} = K_v l c, \quad (2)$$

где D – оптическая плотность; J_0 и J – сила соответственно падающего и проходящего света, св; T – коэффициент пропускания; K_v – коэффициент поглощения, m^{-1} ; l – толщина поглощающего слоя, м; c – концентрация воды по массе, %.

Для измерения влажности могут быть использованы: инфракрасная спектроскопия, нефелометрия, спектрофотометрия, фотоколориметрия, рефрактометрия. При применении прямого метода инфракрасной спектрометрии поглощение излучения определяется молекулами воды, а при косвенном концентрацию воды рассчитывают по интенсивности поглощения излучения другими соединениями, образующимися после количественной конверсии воды с соответствующим реактивом. Недостатком этих методов является взаимодействие воды с другими веществами, содержащимися в нефтепродуктах, это приводит к смещению указанных или появлению новых полос поглощения. Кроме того, молекулы некоторых веществ образу-

ют ассоциаты за счет водородных связей, инфракрасный спектр которых частично перекрывает полосы поглощения воды.

Из *ядерно-физических методов* могут применяться радиометрия и ядерно-магнитный резонанс. Однако данные методы требуют весьма сложной аппаратуры и являются довольно дорогостоящими. Радиометрия основана на реакциях радиационной химии, в которых водочувствительный реактив содержит радиоактивный элемент, переходящий после взаимодействия с водой в продукт реакции и служит для определения содержания воды в авиаГСМ. Выделяющийся в результате реакции с водой водород с примесью трития или ацетилен с радиоактивным углеводородом поступает в счетчик β -излучения. Зная активность исходного препарата, можно определить, какое его количество вступило в реакцию с водой и рассчитать содержание воды в пробе. А применение ядерно-магнитного резонанса, основанного на регистрации резонансного поглощения магнитной энергии ядрами водорода, находящимися в постоянном магнитном поле, позволяет произвести надежную идентификацию водорода, входящего в состав воды, и тем самым определить влажность нефтепродукта. Данные методы не получили большого распространения из-за применения радиоактивных элементов и дороговизны.

Таким образом, из всех выше перечисленных методов определения содержания воды в авиаГСМ большое распространение получил химический метод. На основе данного метода был разработан прибор ПОЗ-Т (ГОСТ 19820-74), который в настоящее время широко применяется в авиации.

УДК 553.9

НЕОБХОДИМОСТЬ ПРОМЫШЛЕННОЙ РАЗРАБОТКИ ГАЗОГИДРАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

И.И. Шаталов

Научный руководитель Е.В. Прокатень
Сибирский федеральный университет

Первоначально (примерно 500 000 лет назад) человек использовал только мускульную энергию. В дальнейшем (несколько тысяч лет назад) он перешел на древесину и органические вещества. 100 лет назад центр тяжести энергопотребления сместился в сторону угля. 70 лет назад – в сторону угля и нефти. А последние 35 лет этот центр тяжести оказался прочно связан с триадой «уголь – нефть – газ».

По имеющимся прогнозам, несмотря на все продолжающееся развитие исследований по эффективному использованию альтернативных источников энергии (солнечной, ветровой, приливной и геотермальной), углеводородные виды топлива по-прежнему сохраняют и, в обозримом будущем, даже существенно увеличат свою и так значительную роль в энергетическом балансе человечества.

Что касается прогноза мирового потребления энергии на 2020 г., то согласно оценкам Международного энергетического агентства (МЭА), ее совокупное потребление составит 13 300–14 400 млн т н. э. Учитывая динамику потребления современным обществом углеводородного сырья, одной из основных проблем современной энергетики является неизбежное сокращение в средне- и долгосрочной перспективе запасов основных традиционных ее источников получения (в первую очередь нефти и газа). При этом продуктивность разрабатываемых месторождений углеводородов неуклонно снижается, новые крупные месторождения открываются все реже, а использование угля наносит существенный ущерб окружающей среде.

Поэтому и приходится разрабатывать труднодоступные залежи нефти и газа в суровых природно-климатических условиях, на больших глубинах и, кроме того, обращаться к не конвенциональным углеводородам (нефтяные пески и горючие сланцы). Все это, значительно увеличивая стоимость получаемой энергии, так и не решает окончательно существующую проблему.

Исправить сложившуюся обстановку может только открытие новых, высокодебитных месторождений нефти и газа, или их замена на более эффективные и долгосрочные источники энергии. Пока не изобретён еще вид топлива, способный стать достойной заменой традиционным, основным направлением этого поиска становится разработка новых способов добычи традиционного топлива. Их список пока сравнительно короток: водорастворенные газы подземной гидросферы, метан угленосных толщ и природные газовые гидраты, которые на данный момент являются наиболее перспективным источником углеводородов.

Разработка газогидратных месторождений на данный момент является камнем преткновения многих ученых, поскольку по данному вопросу ещё существует слишком много проблем.

Именно поэтому целью данной работы является: доказать рентабельность промышленной добычи газогидратных месторождений.

Для выполнения данной цели были поставлены следующие задачи:

1. исследовать распространенность традиционных источников углеводородов на планете;
2. рассмотреть и предложить новый источник углеводородов;
3. рассмотреть положительные и отрицательные стороны промышленной добычи газогидратов;

4. сделать вывод о рациональности их добычи в промышленных масштабах.

Долгие годы нефтегазовая промышленность слепо разрабатывала богатые, ещё на тот момент, месторождения нефти и газа. Но ближе к 21 в. энергетический кризис все больше и больше давал о себе знать. Сформировавшаяся экономика, которая так сильно зависит от оборота энергоресурсов, на пороге 21 в. не могла не задать вопрос: «Сколько нефти и газа осталось на нашей планете?»

Казалось, что может быть легче в век информационных технологий, чем обобщить многолетний опыт многих исследователей и составить фактическую карту запасов углеводородов. Но это все в теории, на практике исследователь сталкивается с множеством проблем.

На основе исследования физико-химических данных о самой природе нефти и газа и местах их залегания было переработано большое количество данных, в результате чего была составлена карта нефтегазоносности нашей планеты на континентах (рис. 1) и в мировом океане (рис. 2):



Рис. 1. Континентальные месторождения нефти и газа, перспективные и разрабатываемые

Как видно из полученных карт, некоторые месторождения на суше и большинство месторождений в мировом океане составляют газогидраты (рис. 3). К настоящему времени установлено, что около 98 % залежей газогидратов являются аквамариновыми.

Газовые гидраты (также гидраты природных газов или клатраты) – кристаллические соединения, образующиеся при определённых термобарических условиях из воды и газа. Внешне газогидраты похожи на лед или грязный снег, структура их подобна структуре льда, но отличие в том, что в гидрате молекулы газа находятся внутри молекул воды.

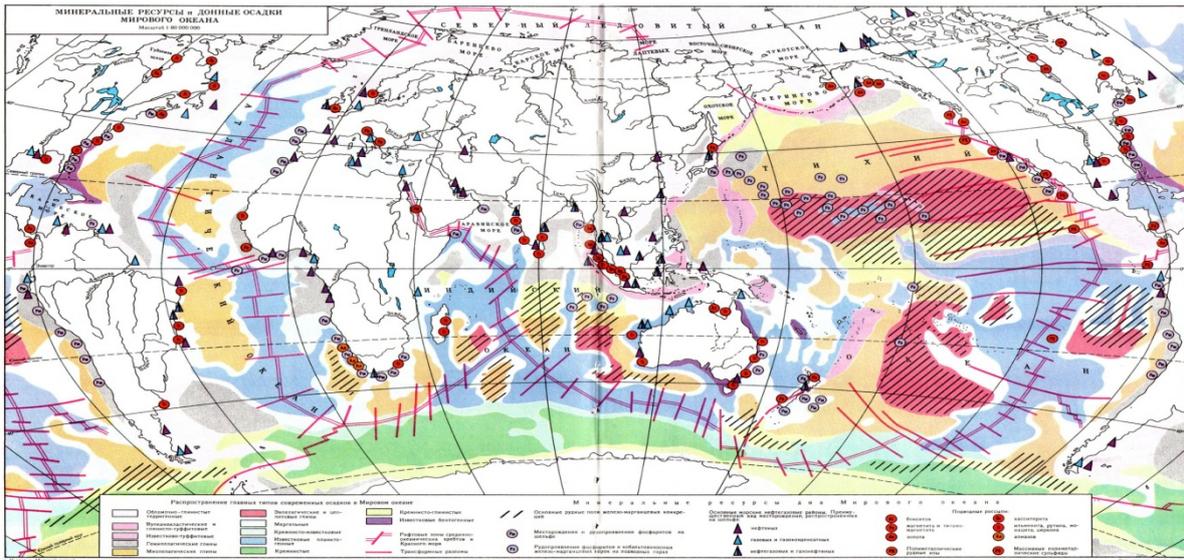


Рис. 2. Карта морских месторождений нефти и газа, перспективных и разрабатываемых

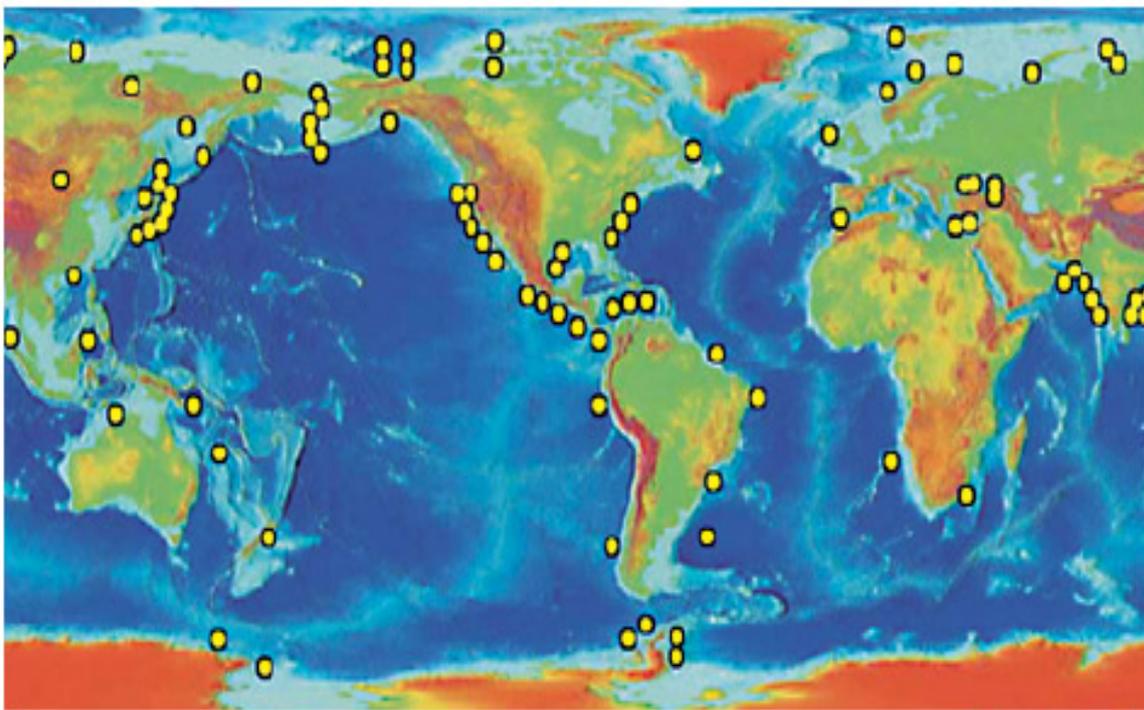


Рис. 3. Известные на данный момент месторождения газовых гидратов

В частности, по прогнозным оценкам российских ученых Г.Д. Гинзбурга (1994 г.) и В.А. Соловьева (2002 г.), общее количество метана в аквальных залежах газогидратов оценивается в $2 \times 10^{10} \text{ м}^3$, т. е. его объемы на порядок превышают запасы углеводородов в традиционных месторождениях.

Одна из главных проблем газогидратных месторождений является проблема их добычи. На данный момент существует три метода добычи газогидратов:

1. метод термального воздействия;
2. метод воздействия ингибитором (закачка метанола);
3. разгерметизация пласта;

Первые два способа объединяет одно – невозможность контролирования диссоциации газогидратов. Первым же способом добывают газогидраты на месторождении Мессояха (Россия). Именно этот способ является на данный момент экономически выгодным.

Также на месторождении Malik (Канада) на данный момент испытывается новый способ добычи газогидратов, путем использования раствора соли. Данный способ уже дал результаты, установка давала стабильный приток газа 6 дней, но в последствии перестало давать газ. Зарубежные ученые уже работают над этой проблемой и планируют её решить к 2019 г.

На основе этих данных, а также на изучения генезиса, миграции, аккумуляции и определения форм залегания природных газовых гидратов был выполнен комплекс исследований, на основе чего была составлена таблица плюсов и минусов необходимости разработки их месторождений (табл. 1).

Таблица 1. Плюсы и минусы промышленной разработки газогидратных месторождений

Плюсы	Минусы
самый перспективный альтернативный источник углеводородов	труднодоступны, так как до 98 % газогидратов содержится под водой, или в зоне вечной мерзлоты
насыщенность (в 1 м ³ газогидрата содержится 160-180 м ³ газа)	технически прогресс ещё не придумал способа эффективной его добычи
быстрая возобновляемость	труднодоступны, так как до 98 % газогидратов содержится под водой или в зоне вечной мерзлоты
распространенность	технически прогресс ещё не придумал способа их эффективной добычи
до настоящего времени не является прямым источником газа в промышленных масштабах	физико-химические свойства газогидратов не позволяют долгое время находиться в условиях нормального давления и температуры более 0 ⁰ С
в отличие от нефти, может сохраняться долгое время, не вступая в реакцию окисления	Парниковая опасность
благодаря предположения о скорой иссякаемости традиционных источников углеводородов, был увеличен интерес к газогидратам	на данный момент ценна 1 м ³ газа, полученного из газогидратов, превышает стоимость обычного газа в 1,5-2 раза
имеются перспективные идеи по добычи газогидратов	
наиболее рациональный путь выхода из энергетического кризиса	

Уже не секрет, что нефти и газа на нашей планете с каждым годом становится все меньше. Мировой энергетический кризис все сильнее и сильнее бьет по мировой экономике. В результате мир стоит сейчас на распутье какой источник энергии выбрать в будущем.

Природные газогидраты, существование которых было доказано в 60-х гг. XX в., являются одним из основных источников минеральной энергии в перспективе на ближайшие десятилетия. К активному исследованию и освоению природных газогидратов приступили в ряде ведущих стран мира. Комплексное изучение месторождений газовых гидратов, разработка способов и средств добычи, моделирование геоэкологических систем и процессов скважинной добычи газа весьма актуальная научно-техническая проблема, решение которой соответствует требованию времени.

НЕФТЬ И ГАЗ: МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ ПРОМЫСЛОВ

УДК 624.139

СПОСОБ ОХЛАЖДЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ В МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОДАХ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ СКВАЖИНЫ

Р.А. Бирих, П.Л. Павлова
Научный руководитель В.В. Колосов
Сибирский федеральный университет

Способ охлаждения скважины направлен на решение задачи по уменьшению протаивания многолетнемерзлых пород (ММП). Сущность способа охлаждения заключается в том, что термоизолирующее направление, состоящее из внутренней и наружной коаксиальных труб и размещенного между ними теплоизолирующего материала, трубка-контейнер с кожухом дополнительно оснащается термоэлектрическим модулем Пельтье.

Известен способ оборудования скважин термоизолирующим направлением (Патент RU №74415, МКИ⁷ E21B 36/00).

В нем термоизолирующее направление состоит из внутренней и наружной коаксиальных труб, между которыми размещен теплоизолирующий материал, например, пенополиуретан.

Наиболее близким к изобретению по технической сущности является система стабилизации вечной мерзлоты вокруг добывающей скважины (Патент США №3763931, МКИ⁶ E21B 43/00, 1973). В данной системе вокруг верхнего участка добывающей скважины размещают колонну труб теплоизолирующего элемента, по длине которого установлены теплопередающие трубки-контейнеры. С их помощью осуществляют отвод тепла от теплоизолирующего элемента.

Однако упомянутые способы недостаточно надежно обеспечивают термоизоляцию многолетнемерзлых пород в устьевой зоне добывающей скважины, т. к. при их использовании не учитывают возможный сезонный перепад температур.

Чтобы устранить выше упомянутые недостатки, предлагаем установить термоэлектрические модули Пельтье. Предложенный способ охлаждения обеспечит сохранение устойчивости скважины, достижение максимальной жесткости конструкции и обеспечение надежности закрепления ствола в приустьевой зоне.

Сущность изобретения заключается в том, что вокруг наружной трубы устанавливают термоэлектрический модуль Пельтье.

Модуль Пельтье, представляет собой термоэлектрический холодильник, состоящий из последовательно соединенных полупроводников р- и n-типа, образующих р-n- и n-p-переходы. В результате прохождения электрического тока определенной полярности образуется перепад температур между сторонами модуля Пельтье: одна сторона работает как холодильник, другая сторона нагревается и служит для отвода тепла.

Модуль Пельтье обеспечивает значительный температурный перепад, который составляет несколько десятков градусов. При соответствующем нагревании первой стороны вторая сторона является холодильником, который позволяет достичь отрицательных значений температур.

Направление выполнено (рис. 1) из коаксиально расположенных внутренней и наружной труб 1 и 2, между которыми размещен теплоизолирующий материал, например, пенополиуретан, и термоэлектрический модуль Пельтье 3.

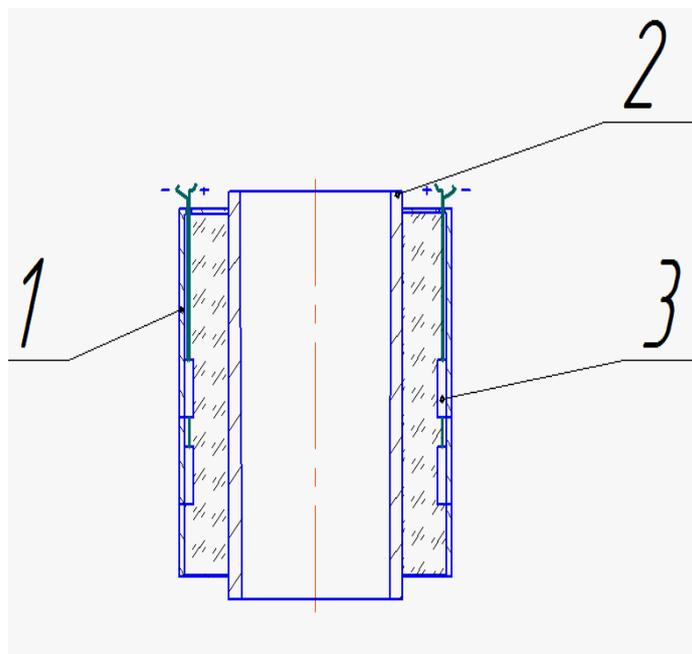


Рис. 1. Направление с термоэлектрическим модулем Пельтье:
1 – труба наружная; 2 – направление; 3 – термоэлектрический модуль Пельтье

Термоэлектрические модули устанавливают не по всей длине наружной трубы, а в интервалах, где имеется каверноопасные зоны ММП.

В патенте США №3763931, МКИ⁶ E21В 43/00 приведен температурный график при установке теплоизолирующих трубок-контейнеров (рис. 2, 3), в которых циркулирует хладогент, с дополнительным кожухом в кольцевом пространстве между эксплуатационной и обсадной колонн.

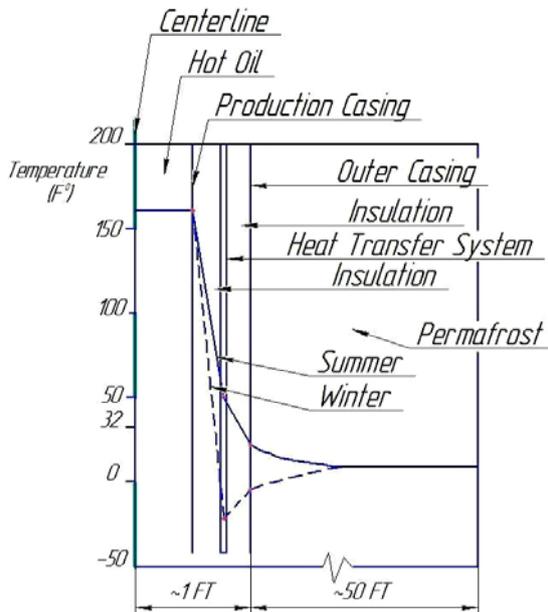


Рис. 2. Температурный график при установке трубки-контейнера (температура в $^{\circ}F$, длина в FT)

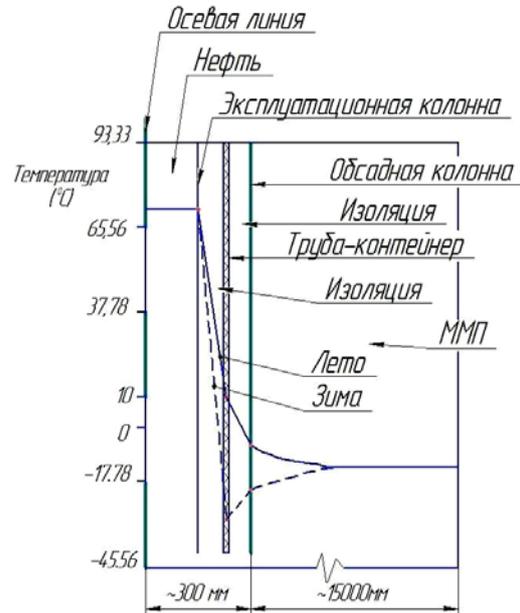


Рис. 3. Температурный график при установке трубки-контейнера (температура в $^{\circ}C$, длина в мм)

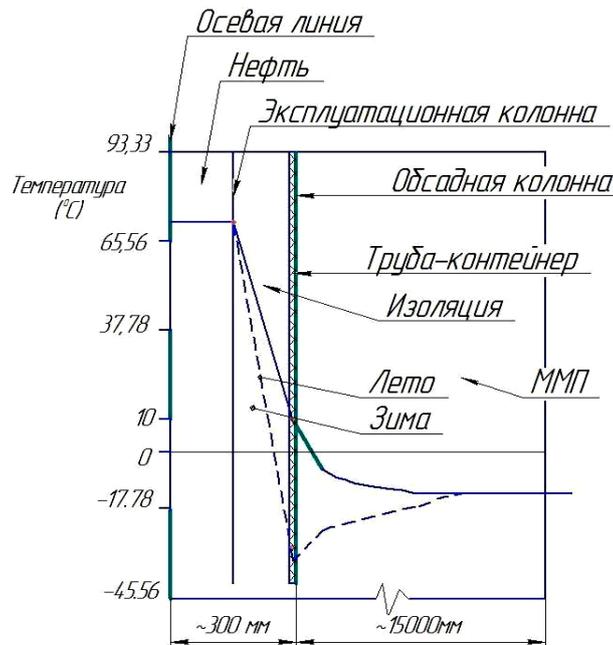


Рис. 3. Температурный график при перемещении трубки-контейнера к стенке обсадной колонны

Из графика (рис. 3) видно, что при эксплуатации скважины летом положительная температура ($T > 0$) при перемещении трубки-контейнера и кожуха к стенке обсадной колонны выйдет за наружную поверхность (рис. 4), что приведет к потере устойчивости скважины вследствие протаивания ММП. В зимнее время года отрицательная температура опустится ниже, вследствие увеличения расстояния между изоляцией и эксплуатационной колонной.

Данное снижение температуры в зимнее время является положительным эффектом, а повышение температуры в летнее время – нежелательным. Чтобы устранить повышение температуры, вместо кожуха предлагаем установить термоэлектрический модуль Пельтье.

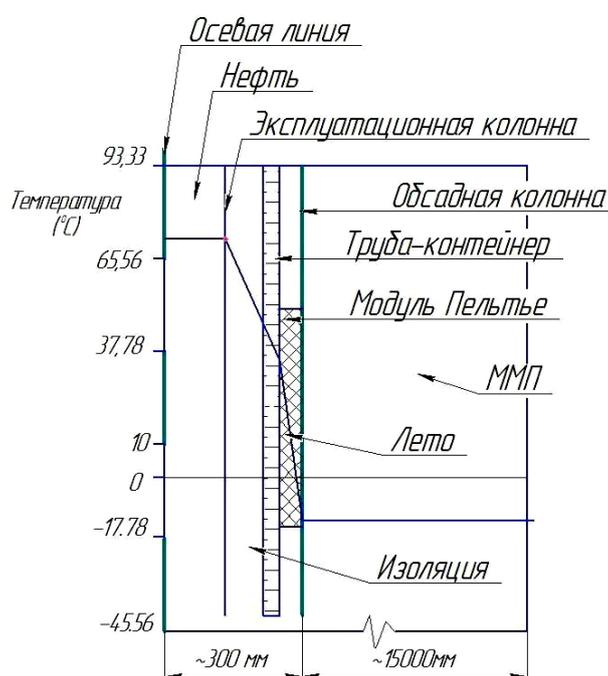


Рис. 4. Температурный график при установке термоэлектрического модуля Пельтье в летний период

При установке данного модуля в результате эффекта Пельтье температурный график летнего периода будет иметь отрицательное значение с наружной стороны колонны, а внутренняя – положительное (рис. 4), причем из-за повышения температуры между поверхностью трубки-контейнера и модулем Пельтье будет происходить интенсивная циркуляция хладагента, что является эффективным способом поддержания температуры ММП. Необходимую температуру можно регулировать электрическим током, что позволит поддерживать на постоянном уровне отрицательное значение ММП. А изменение температуры ММП можно контролировать термопарой. В зимнее время модуль Пельтье может работать как дополнительный источник электроэнергии, так как трубка-контейнер обеспечивает необходимое охлаждение ММП. В резуль-

тате разности температур между ММП и трубкой- контейнером возникнет электрический ток.

Данная установка позволит сохранить устойчивость скважины, достичь максимальной жесткости конструкции и обеспечит надежность закрепления ствола в приустьевой зоне.

УДК 622.276.34

ПОДВЕСКА СКВАЖИННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

А.О. Ледков

Научный руководитель П.М. Кондрашов

Сибирский федеральный университет

Нефтегазовая промышленность является главным сектором экономики Российской Федерации. Предприятия заинтересованы в максимальном извлечении углеводородов, получении большей прибыли. Большинство крупных месторождений имеют песчаники в продуктивных горизонтах. Эксплуатация месторождений сопровождается значительным выносом песка в скважину. Песок вызывает изнашивание оборудования, используемого при добыче нефти. Поэтому решение проблем, связанных с выносом песка, является актуальной задачей.

Основными проблемами, осложняющими технологический процесс механизированной добычи нефти, являются засорение и истирание центробежных насосов ЭЦН абразивными частицами в скважинах после гидроразрыва пласта (ГРП) или частицами горных пород, отложения солей на рабочих органах, перегревы и отказы узлов по температуре, а также вредное влияние свободного газа на работу насосов.

Комплексное влияние осложняющих факторов на эксплуатацию скважин (вредное влияние свободного газа, высокая обводненность добываемой продукции, высокие депрессии на пласт, высокие температуры и др.), приводит к массовому отложению механических примесей на рабочих органах погружных насосов и проточной части газосепараторов. В результате пескопроявлений возникают такие осложнения, как образование песчаных пробок, образование эрозии внутрискважинного и наземного оборудования, что влечёт к значительным финансовым затратам.

Разработка и эксплуатация Ванкорского месторождения ведётся скважинами с горизонтальным окончанием. По проекту предусмотрена установка фильтров в горизонтальном окончании – хвостовиков-фильтров. Слабая консолидированность песчаников яковлевской и нижнехетской

свит приводит к выносу песка при эксплуатации нефтяных скважин, что становится причиной преждевременных отказов УЭЦН.

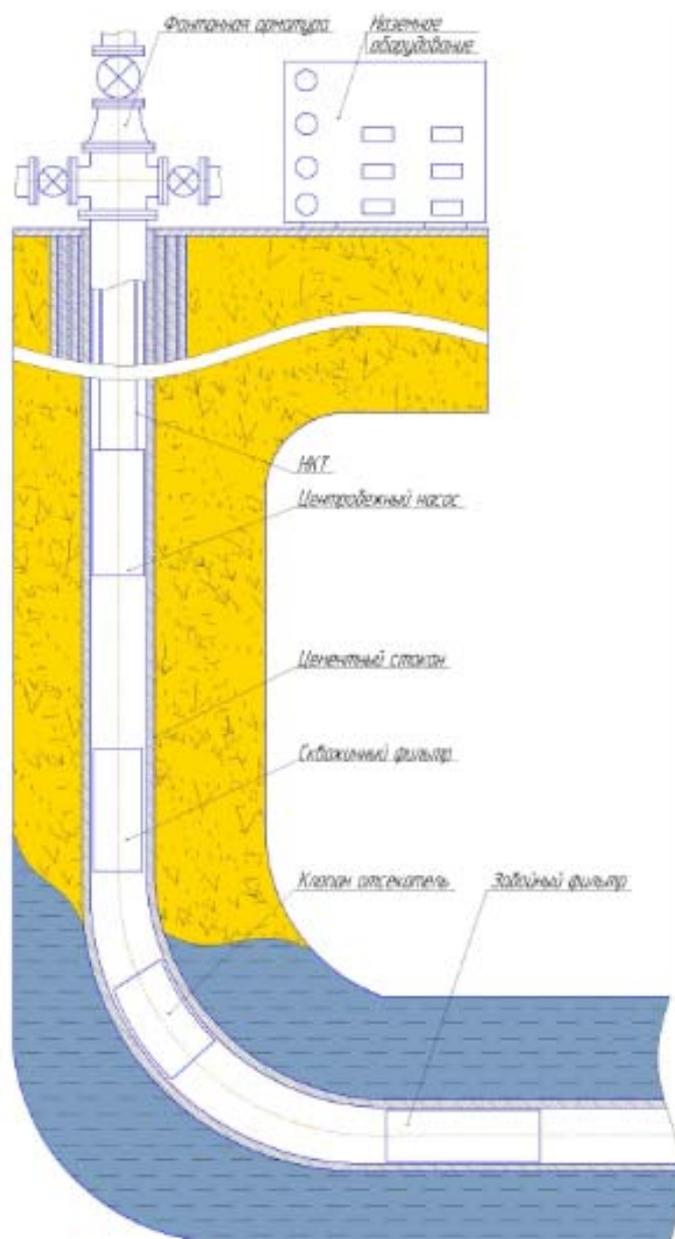


Рис. 1. Схема установки скважинного фильтра

Установка фильтров лишь в горизонтальном участке не в полной мере подготавливает добываемую жидкость для её транспортировки на поверхность. Иногда концентрация взвешенных частиц (КВЧ) скважинной нефти превышает допустимую норму, что отрицательно влияет на работу УЭЦН и другого скважинного оборудования. Предлагается в компоновке вертикального ствола скважины предусмотреть подвеску скважинного оборудования (рис. 1). Подвеска состоит из пакера и скважинного фильтра. Оборудование устанавливается ниже УЭЦН и производит дополнительную

подготовку скважинной нефти к транспортировке на поверхность, предотвращает преждевременный отказ УЭЦН. Ожидается уменьшение показателя КВЧ добываемой жидкости. Предполагается увеличение межремонтного периода работы скважины на 20 % относительно базового. Это достигается за счёт установки дополнительного оборудования (подески) – пакера, скважинного фильтра. Конструкция предлагаемого для установки фильтра (рис. 2), выгодно отличается от существующих. Конструкция фильтров, используемых в настоящее время, не предусматривает очистку фильтрующей поверхности от засорения. Засорение фильтрующей поверхности приводит к увеличению гидравлического сопротивления фильтра, а значит и к уменьшению дебита скважины.

Преимущества предлагаемого скважинного фильтра:

- увеличение времени работы фильтра за счёт удаления частиц с фильтрующей поверхности в процессе работы;
- простота конструкции;
- относительно не высокая стоимость.

Фильтр щелевой скважинный предназначен для защиты насосов от песка и других механических примесей в процессе эксплуатации скважин. Конструкция скважинного фильтра обеспечивает эффективную работу в скважинах с высоким содержанием механических примесей. Защитный кожух сохраняет работоспособность фильтра в условиях высокого горного давления, защищает от механических повреждений, деформаций фильтрующую поверхность, фильтроэлемент – проволочная обмотка, имеет высокую пропускную способность, слабо подвержен воздействию коррозии и эрозии, не позволяет оседать твёрдым частицам на поверхности, направляющий элемент препятствует образованию непроницаемого массива механических частиц между фильтроэлементом – защитным кожухом – стенкой скважины, за счёт изменения направления потока жидкости, песок и другие частицы удаляются в ловильную камеру. Эффективность применения скважинного фильтра: высокое качество добываемого флюида, длительное время эксплуатации фильтра, продлённый ресурс работы скважинного оборудования.

Преимуществами проводимых мероприятий являются:

- уменьшение расхода ГСМ, электроэнергии и т. д., в результате увеличения межремонтного периода работы скважины;
- добыча дополнительного объема нефти;
- облегчение труда производственного персонала (операторы по добыче и т. д.);
- уменьшение расхода денежных средств на капитальный ремонт скважин (КРС);
- увеличение наработки на отказ погружного оборудования (УЭЦН и др.).

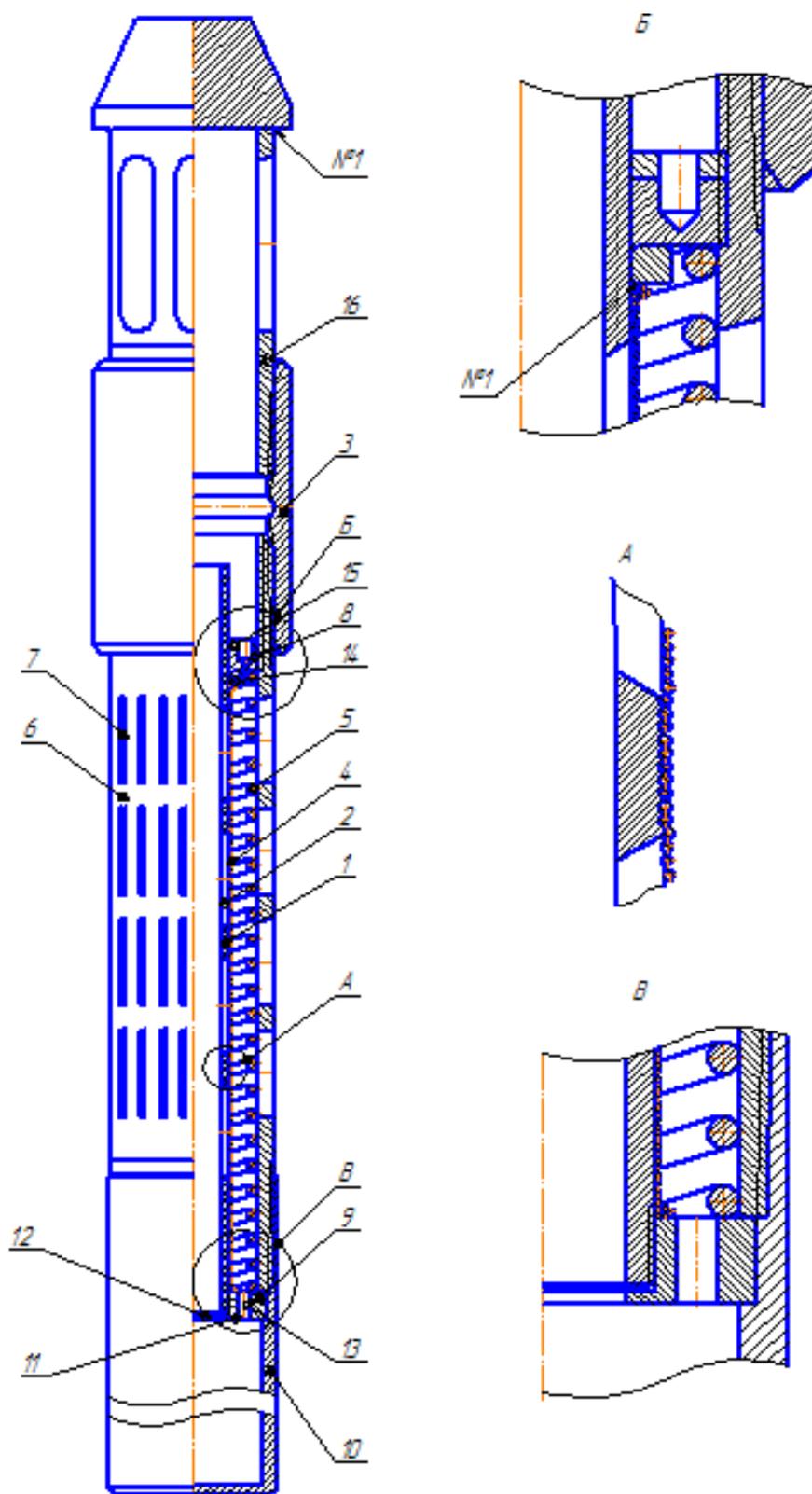


Рис. 2. Фильтр щелевой скважинный

1 – перфорированная труба; 2, 7 – отверстия; 3 – муфта; 4 – проволочная обмотка;
 5 – рёбра; 6 – защитный кожух; 8, 9 – кольца; 10 – ловильная камера; 11 – крышка;
 12 – металлическая сетка; 13 – выходные отверстия; 14 – шайба; 15 – контргайка;
 16 – головка

УДАЛЕНИЕ АСПО СО СТЕНОК НЕФТЕПРОВОДОВ МАЛОГО ДИАМЕТРА

М.В. Сентюрова, Н.А. Демьянова
Научный руководитель И.В. Надейкин
Сибирский федеральный университет

Недра Восточной Сибири обладают огромными запасами углеводородов, и в 2009 г. открыта эксплуатация крупнейшего Ванкорского месторождения. В условиях крайнего севера по-новому встаёт вопрос экономически-выгодной и одновременно разумной добычи сырья, существует необходимость транспортировки нефти с мест добычи к местам потребления. В этих условиях наиболее эффективным способом является трубопроводная перекачка.

Одной из актуальных проблем при обслуживании нефтепроводов, с которой сталкиваются нефтяные компании, является проблема отложений АСПО (асфальтосмолопарофиновые отложения) в трубопроводах.

Отложения в трубопроводах могут вызвать замедление транспорта или даже закупорку трубопровода, разрывы или трещины трубопровода могут иметь катастрофические последствия.

На практике для предупреждения и удаления АСПО применяются различные методы. Среди них наиболее распространенными являются механические, химические и тепловые. Очистка от АСПО различными способами отличается затратами, полнотой очистки и эффективностью. Таким образом, основной задачей является выявление наиболее эффективного и экономически выгодного способа удаления АСПО.

Факторы, влияющие на образование АСПО

На интенсивность образования АСПО в системе транспорта нефтепродуктов влияет ряд факторов, основными из которых являются:

- шероховатость стенок и наличие в системе твердых примесей
- изменение скоростей движения жидкостей
- снижение температуры и давления по длине трубных систем
- интенсивное газовыделение

Методы борьбы с АСПО

Борьба с АСПО предусматривает проведение работ по двум направлениям. Во-первых, по предупреждению (замедлению) образования отложений. К таким мероприятиям относятся: применение гладких (защитных) покрытий; химические методы (смачивающие, модификаторы, депрессато-

ры, диспергаторы); физические методы (вибрационные, ультразвуковые, воздействие электрических и электромагнитных полей). Второе направление – удаление АСПО. Это тепловые методы (промывка горячей нефтью или водой в качестве теплоносителя, острый пар, электропечи, индукционные подогреватели, реагенты при взаимодействии с которыми протекают экзотермические реакции); механические методы (скребки, скребки-центраторы); химические (растворители и удалители).

В данной работе мы предлагаем использовать комбинированный механико-химический метод по восстановлению производительности нефтепроводов малых диаметров, основанный на использовании моющего раствора и последующем вытеснении размягченных отложений очистными устройствами различной конструкции.

В качестве моющего раствора для растворения АСПО используется отработанное моторное масло с добавлением толуола.

Для моделирования процесса удаления АСПО со стенок нефтепроводов использовалось отработанное масло Mobil Delvac MX 15W-40, технический парафин, толуол, присадка ПАВ (сополимер этилена с винилацетатом, $M = 30000$ а. е. м.), представленная для опытов С.Н. Челинцевым, профессором кафедры «Нефтепродуктообеспечения и газоснабжения» РГУ им. И.М. Губкина.

В лабораторных условиях эффективность разрушения парафина моющим веществом определяется гравиметрическим методом следующим образом (Патент Российской Федерации 2160757). Образец парафина нагревают до температуры размягчения. Из образовавшейся массы формируют образец цилиндрической формы $d = 13$ мм и $h = 16$ мм, охлаждают до застывания, затем помещают в заранее взвешенную корзиночку из латунной сетки с размером $1,5 \times 1,5$ мм. Вес образца в пределах $1,4-1,65$ г. Корзиночку с парафином вновь взвешивают и находят массу навески с точностью $0 \pm 0,05$ г. Корзиночку с навеской парафина помещают в стеклянный цилиндр, куда добавляют 100 мл испытуемого состава. Режим статический, продолжительность растворения – 1,5 ч. По истечению 1,5 ч корзиночку с оставшимся в ней парафином вынимают и высушивают. Находят массу парафина после эксперимента. Эффективность удаления парафина рассчитывают по формуле, в мас. %:

$$\text{Э} = (M_1 - M_2) / M_1 \cdot 100, (\%) \quad (1)$$

где M_1 – масса парафина взятого на эксперимент, г; M_2 – масса остатка парафина в корзиночке после эксперимента, г.

Выбор технического парафина в качестве модели обусловлен тем, что АСПО состоит преимущественно из смеси парафино-нафтеновых углеводородов и смолисто-асфальтеновых веществ.

Температура плавления парафина была определена экспериментально и составила 60°C .

Наиболее оптимальная концентрация толуола была определена в лабораторных условиях. Использовались следующие процентные концентрации толуола в масле: 5 %, 15 %, 25 % при температуре 20 и 40°C .

На рис. 1, 2 представлены совмещенные графики, показывающие эффективность растворения парафина при температурах 20 и 40°C соответственно при разных концентрациях толуола.

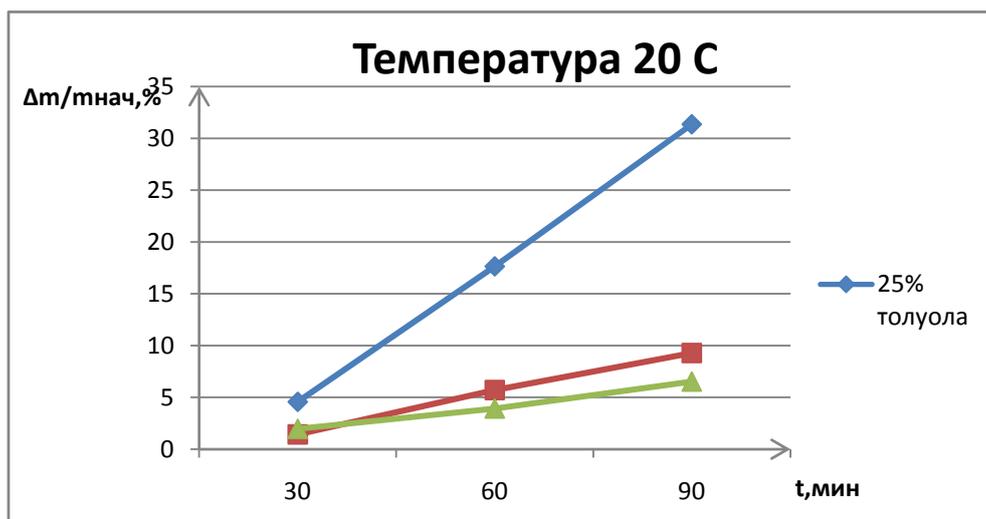


Рис. 1. Эффективность удаления парафина при концентрации толуола 5 %, 15 %, 25 % и температуре испытания 20°C

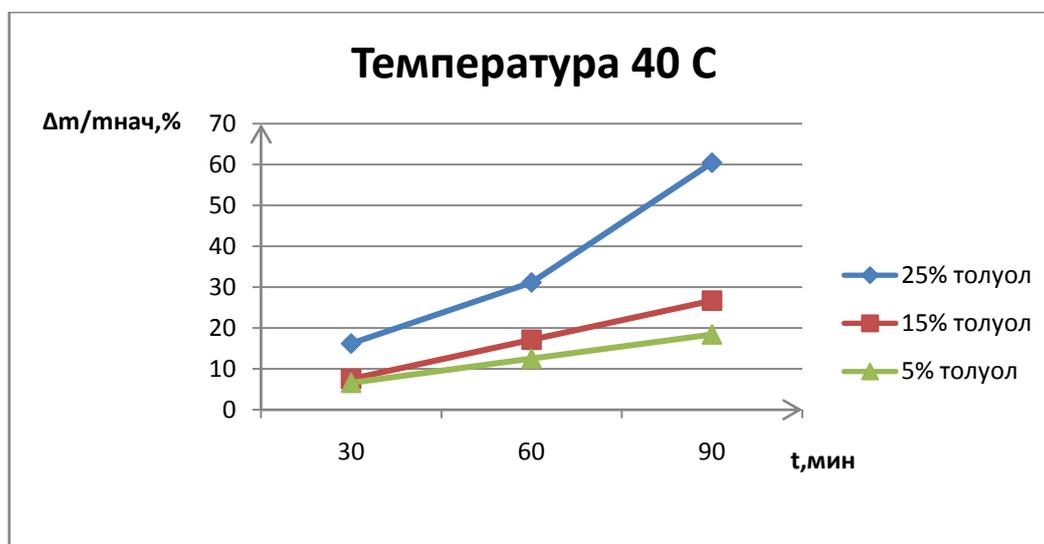


Рис. 2. Эффективность удаления парафина при концентрации толуола 5 %, 15 %, 25 % и температуре испытания 40°C

Из сравнительного анализа графиков, представленных на рисунках 1, 2 видно, что наиболее эффективное растворение парафина происходит при

температуре 40⁰С и содержании толуола 25 %. Но так как толуол является достаточно дорогим растворителем для применения его в больших количествах, то мы рекомендуем использовать 15 % раствор толуола в масле, даже это содержание дает высокие результаты.

В качестве дополнительно эксперимента (для получения наиболее полного растворения) в данный 15 % раствор – моющее средство можно добавить присадку (концентрация присадки 1 % от массы раствора).

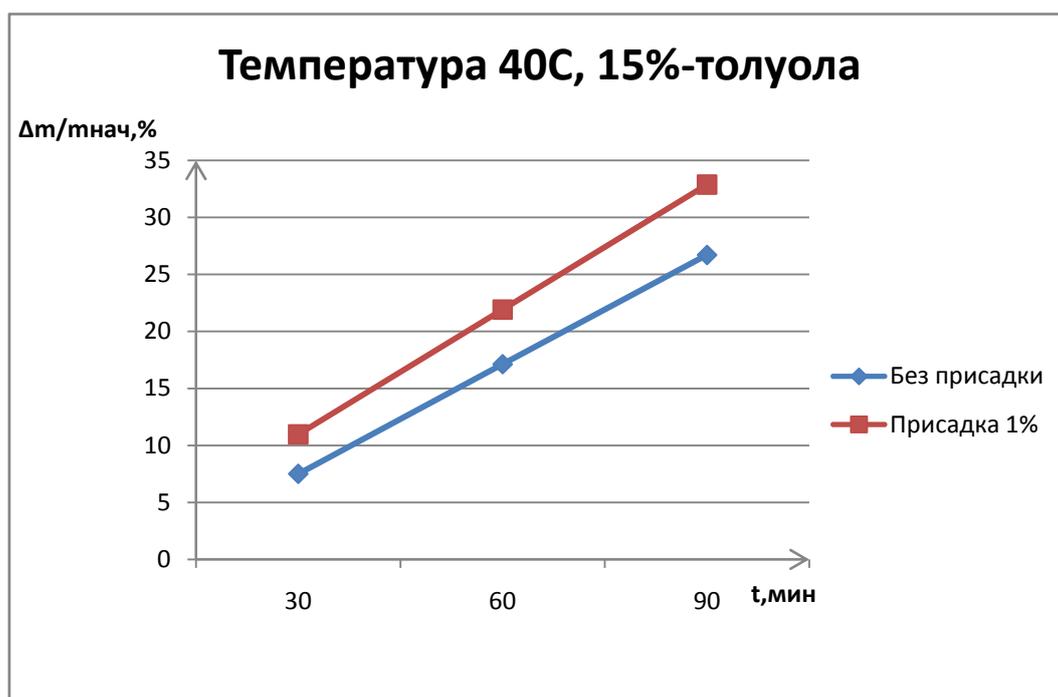


Рис. 3. Эффективность удаления парафина при концентрации толуола 15 % и температуре испытания 40⁰С с добавлением присадки

Из рис. 3 видно, что лучшее растворение парафина происходит с применением присадки. Например, в точке соответствующей 30 мин, эффективность растворения увеличивается на 3,49 % (без применения присадки – 7,5 % растворение парафина; с присадкой – 10,96 %).

Вторым – завершающим этапом очищения трубопровода после применения моющего раствора, является использование механических средств удаления АСПО.

В качестве очистных устройств используются скребки.

Скребок вводится в трубопровод и, продвигаясь вместе с потоком нефти, очистными элементами разрушает парафинистые отложения на внутренней поверхности трубопровода, которые уносятся потоком нефти. Частота пропуска скребка определяется технико-экономическим расчётом и обуславливается содержанием парафина в нефти и температурным режимом трубопровода.

В данной работе в качестве примера мы предлагаем использовать скребок «ОУ-П-ДС-Т-М», представленный на рис. 4 (сертификат соответствия ГОСТ Р № РОСС RU.АЯ36.Н24969). Очистные устройства с полиуретановыми дисками «ОУ-П-ДС-Т-М» предназначены для очистки поверхности трубопроводов диаметром от 159 до 1420 мм от асфальтосмолистых и грязепарафиновых отложений, вытеснения продукта и инородных предметов.

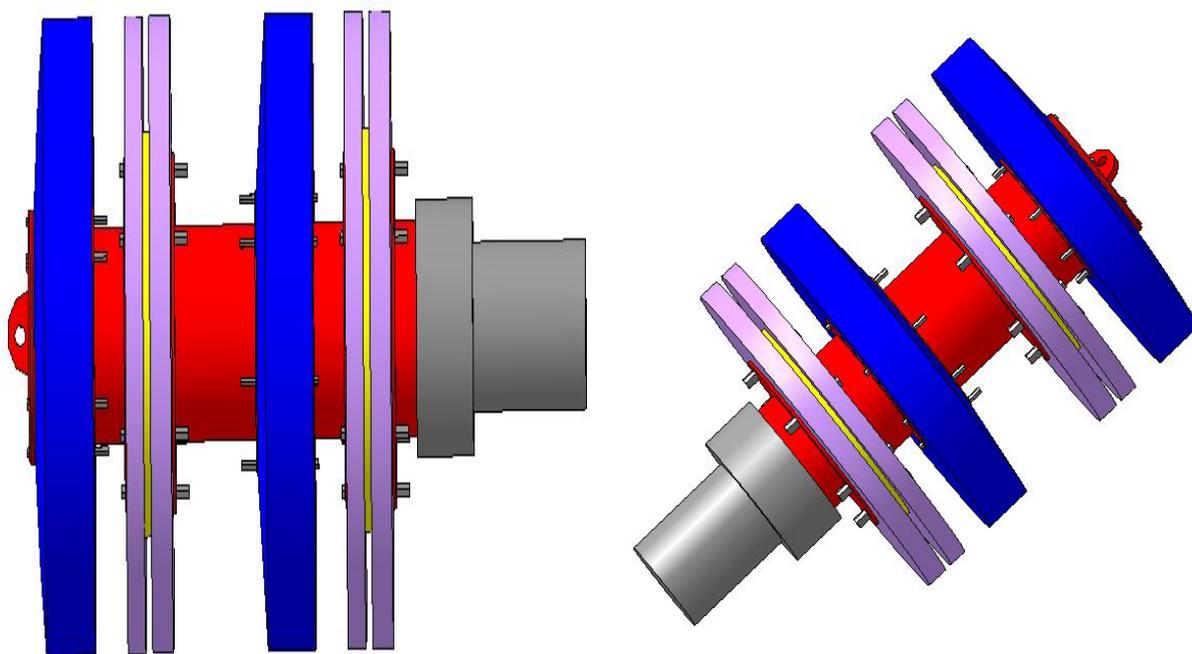


Рис. 4. Скребок «ОУ-П-ДС-Т-М»

Использование механо-химического метода с применением моющего средства на основе отработанного масла с добавлением толуола в качестве растворителя является достаточно эффективным способом удаления АСПО, что было доказано в ходе лабораторных исследований.

Данный метод универсален и может комбинироваться с другими методами очистки, рекомендуется применять для удаления АСПО с длительно неочищенных нефтепроводов малого диаметра.

Также к достоинствам данного метода можно отнести использование отработанного моторного масла. Что позволяет получить дополнительный экономический эффект от отработанного сырья.

НЕФТЬ И ГАЗ: OIL GAS FIELD MACHINERY

УДК 735.29.(32)

FIELD OF APPLICATION OF THERMOCOUPLE ELEMENT OF OIL-AND GAS COMPLEX. DEVELOPING AND PRODUCING OF DEVICES AND EQUIPMENT ON BASIS OF THERMOELECTRICITY PHENOMENA

A.A. Bondarev, Y.P. Kolmakova
Scientific advisor U.N. Bezborodov
Siberian federal university

Because of deficient awareness and little publicity of thermoelectricity it is become learning and activity of the scientific work. Nowadays elements and devices based on thermoeffects are not used widely in oil and gas industry. The main thermoelectricity characteristic for applying it in oil-and gas field is big funds and time saving for realization of different operations and big ecological compatibility and attracting attention to completely new usage of thermo elements.

In introduction we would like to mention main problems and causes for this work.

Problems and ways of solving them are following:

1. Microfissures in walls of basins and pipelines. Creating a devise based on thermo fridge for freezing of an area and furthering object using until the the problem will be solved.

2. Stationary covers for heating of certain area of pipelines and etc. based on Peltier effect. (deleting of paraffin depositons in pipelines in the certain place).

3. Creating a devise for cleaning of basins walls via freezing (Peltier module).

4. Heat withdrawal from controlling and measuring apparatus via power active Peltier fridges.

5. Getting energy for stationary services.

6. Freezing of mechanisms Surfaces, devices, pumps, premises freezing and ventilation via thermo elements.

7. Using portable fridges and generators.

8. Expansion of field of application of thermoelectricity transducers.

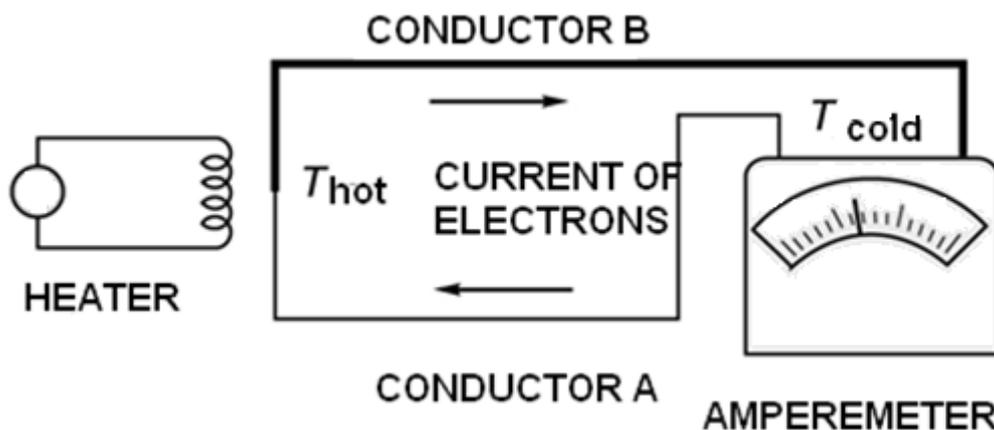
The phenomena of heat alternation into electricity in solid and liquid conductors and also opposite phenomena of direct heating and cooling of junctions of two conductors by conducting current.

The term thermoelectricity includes three effects: Seebeck effect (converting temperature to current), Peltier effect (converting current to temperature), and Thomson effect (conductor heating/cooling). All of these characterized by coefficients different for other materials. These coefficients are connected by Calvin correlation.

They are detected by parameters of junctions as well as attributes of materials.

Describing of effects. Thermoelectric Seebeck effect

Important characteristic of thermoelectric attributes of materials in the circuit are voltage on the ends of open circuit because in close circuit current and voltage are depended from wires resistivity. The open circuit voltage V_{AB} (T_1 , T_2) depending from temperatures T_1 and T_2 of junctions (pic.1) it is called thermoelectric electromotive force.



Pic. 1

Thermoelectric Seebeck effect

Current in the close circuit is caused by difference of temperatures in conductors A and B. Current direction depends on for what conductor thermoelectric electromotive force is bigger for absolute magnitude. Strength of current depends on difference of temperatures, specific thermoelectric electromotive forces of conductors and their resistivity.

Thermoelectric Peltiereffect

When the current goes through two different conductors junctions temperature changes so when the current strength is big enough drop of water can be

frozen or boiled changing current direction. Junction is heating or cooling depending on directing the current.

This is Peltier effect opposite to Seebeck effect.

Thermoelectric Thomson effect

If metal conductor to heat in one point and at the same time pass the current so on the ends of conductor appears the difference of temperatures. Where the current directed to the place of heating the temperature reduces and on the opposite end where the current directed from the point of heating the temperature raised. The Thomson coefficient is the only thermal-electric coefficient which can be measured homogeneous conductor. All these phenomena are concerned by Calvin correlation.

Thermocouples

Thermocouples and transducers refer to thermoelectric transformers based on Seebeck effect. When the temperatures of junctions of two conductors A and B are different the voltage on the ends of open circuit appears that is thermoelectric electromotive force.

According to functional capacity these transducers are often oriented for control of system work, measuring work temperature of substance or surface. Thanks to thermo transformers have construction simple enough inaccuracies are minimal and safety and longevity are high.

The choice of device depends on some factors. One of them is workspace of device or temperature range of measurable space.

Thermoelectric generator. The principle of work

Thermoelectric generator action is based on using of thermoelectric effects. So on thermoelectric phenomena direct transformation of heat energy into electric occurs.

The size of thermoelectromotiveforce is determined by the formula:

$$E = a(T_1 - T_2),$$

E is a thermoelectromotive force (volt),

T1 and T2 are temperatures of heating and cold junctions of thermocouple,

a is a coefficient of thermoelectric electromotive force depending on metal nature in the thermocouple (microvolt/degree).

If the temperature of cold junction of thermocouple is kept up permanently thermoelectromotiveforce will change proportionally to temperature changing of hot junction.

It gives opportunity to apply thermocouples for changing of temperature.

Note advantages of thermoelectric elements:

1. Stationary single-stage system of transforming of the first sort, absence of moving parts.
2. Long work recourse without service.
3. Opportunity to use the heat from any sources of energy.
4. Mobility.
5. Total autonomy.
6. High safety and longevity.
7. Large temperature range.
8. High power-intensive characteristics.
9. Ability to work in oxidation and inert environments.

In conclusion it should be mentioned that we presented effects based on thermoelectricity for acquaintance, researching of physical essence of these phenomena to try to make a device for cleaning of walls of reservoirs via freezing (Peltier module), device based on thermo fridge for freezing of area with microfissures in reservoirs and further using. And also cooling of surfaces of mechanisms, devices and pumps via thermo elements.

Stationary cover for heating of certain pipeline area without using the open flame based on Peltier effect that is deleting of paraffin depositons in pipelines in the certain place. There are also a lot of ways of solving problems which can be based on thermoelectricity effect.

УДК 665.612.2

INNOVATIVE OILFIELD GTL SOLUTION FOR ASSOCIATED GAS

P.P. Isaev

Scientific supervisor SFU P.M. Kondrashov, E.V. Tsigankova

Siberian federal university

В статье дано краткое описание инновационной технологии использования нефтяного попутного газа, которая позволяет использовать газ в качестве ценного сырья и не сжигать его на нефтепромысловых факелах. Технология позволяет преобразовывать попутный газ в синтезгаз, который далее преобразовывается в синтетическую нефть, которую можно смешивать с обычной нефтью, или же получать дизельное либо керосин.

So what becomes of the next generation of smaller oil fields, where there will not be sufficient gas volumes to justify these large investments? Ironically, the smaller the gas volumes, the more difficult the problem they present. This counterintuitive fact has led to the idea of "distressed gas," where an oil field

cannot be developed because no economic means exist to dispose of the small quantities of associated gas.

The associated gas that accompanies oil to the surface in a producing well can be a great advantage and valuable revenue stream, if your oil field is near a pipeline that feeds into a gas market. However, as oil fields move into deeper and more remote areas, away from population centers and gas infrastructure, the options for handling associated gas have become restricted and the question of what to do with it often difficult. The industry is crying out for a solution.

Historically, where there was no local market or available pipeline, associated gas was flared. However, this is now both environmentally and politically unacceptable, and in many countries banned. The alternative of gas reinjection is expensive and can cause reservoir damage, which adversely affects production and reserves.

Seeking a solution that avoids either of these alternatives, the industry for years has experimented with a variety of technologies.

For example, in areas with large associated gas volumes, the gas can be commingled into gathering systems and supply nearby specially constructed liquefied natural gas (LNG), methanol, or ammonia plants. However, this solution comes with a couple of major requirements.

- 1) High gas volumes must be committed in advance to justify the substantial plant-building cost.

- 2) Commonly, supplementary nonassociated gas also must be available to offset supply fluctuations, including the eventual decline of field production. One example of how this supply-balancing requirement can work is the Bonny Island LNG plant in Nigeria, which ran on nonassociated gas until gathering systems were built that allowed associated gas to replace part of the original supply stream.

Without both of these prerequisites, commingling is not an option. With oil fields getting smaller and more remote, there will commonly not be sufficient reserves of associated gas to justify installing gas infrastructure or gas-processing plants. Even in areas such as the North Sea, where extensive gas infrastructure and a ready local market exist, small fields with short lives of 4 years or so cannot justify the expense of installing a gas export pipeline.

Other solutions proposed for dealing with associated gas that cannot be exported by pipeline have involved locating a gas-processing plant adjacent to the oil field and using technologies such as floating LNG, gas-to-liquids (GTL), methanol production, or gas-to-wire electrical power generation. These too tend to require large supplies of gas and considerable investment. For example, a standalone facility capable of consuming 100 to 150 MMscf/D of gas would have a capital expenditure of more than USD 1 billion. In addition, a facility would need a steady nondeclining gas stream, which often can only be achieved by combining associated gas with nonassociated gas from other fields. As such,

this has led to these large facilities focusing on stranded gas with reserves of 0.5 Tcf or greater, rather than associated gas.

The technology is based on a coupled process, (Fig. 1), where the associated gas first is converted to synthetic gas (syngas) – a combination of hydrogen and carbon monoxide by means of a steam methane reformer (SMR). This syngas then is compressed and fed into a Fischer-Tropsch (FT) reactor, which converts the syngas into syncrude (Fig. 2). The process also involves gas pre-treatment upstream of the SMR where contaminants such as sulfur are removed and higher hydrocarbons are converted to methane. However, unlike conventional GTL technology the process does not employ a hydro cracker downstream of the FT reactor to convert the syncrude to diesel fuel and naphtha. However, this technology easily could be added, if there were a market for these products, as might be the case if the plant were onshore.

Both the SMR and FT reactors are similar in design and consist of a series of mini-channels (0.39 in x 0.20 in.) into which ferralloy foils coated in catalyst are inserted. In each reactor, there are two sets of channels, and the design is analogous to a plate-and-fin heat exchanger.

For the SMR, one set of channels is used to combust gas to provide heat, while the other set hosts the SMR reaction. This reaction requires a temperature of more than 1,292°E which is provided by heat from the combustion channels. The channels are in layers within the reactor, with a layer of combustion channels alternating with a layer of SMR channels. This close coupling of the channels improves heat transfer to provide process intensification and enable a reduction in reactor size.

For the FT reactor, one set of channels is used for the FT reaction. However unlike the SPAR reaction – which is endothermic – the FT reaction is exothermic. Thus, the second set of channels is used to circulate cooling water to remove heat. Again, the alternating layers of channels improve heat transfer and enable a reduced reactor size.

The UK pilot plant has demonstrated that the technology works. Parallel with this technology program, a commercial-development program is in progress to ensure an orderly transition from the laboratory to the field (Fig. 3).

Part of this program focused on how to scale up the technology from its UK pilot-plant dimensions to full commercial requirements. It was concluded that trying to scale up from a 0.2-B/D to a 200-B/D reactor design was the wrong approach because the manufacturing techniques appropriate to a small reactor could not be used to manufacture large reactors in volume. Consequently, strategic alliances with world-class manufacturing companies were established to develop reactors that incorporated the CGTL technology but could be manufactured economically at full commercial scale and in the volumes necessary to support the market.

With the industry move to smaller and more remote oil fields, the issue of distressed associated gas is becoming an increasing problem. The use of flaring is no longer acceptable for both environmental and economic reasons, which has left limited options available. These gas-handling and –marketing solutions tend to be expensive, and many are not suitable for the declining gas profiles of associated gas. The solution to distressed associated gas described herein consists of converting it to syncrude by means of a modular reactor system that can be matched to the gas profile. The syncrude can be commingled with the produced crude oil for transportation and sale, eliminating the need to market the product and allowing additional reserves to be booked.

УДК-544.1

QUANTUM-CHEMICAL STUDY OF MIGRATION AND SORPTION OF CARBON ATOM ON GRAPHITE AND GRAPHENE SURFACE

D.S. Kaliakin

Scientific supervisor A.A. Kuzubov

Siberian federal university

Different carbon structures cause interest of researchers, because they are very perspective materials for microelectronic, creation of new energy sources and effective sorbents.

Ability to modify separate areas of graphene is essential to producing of devices based on graphene. One of methods that allows to make such modification is generation of different defects, as the example adatoms.

Theoretical methods allows to predict new properties of graphete, investigate different modification of it structure, and appearance of new superstructure. In calculation of carbon superstructure, it is essential to find calculation technique that allows to correctly describe the Van der Waals forces.

Purpose of our work is the theoretical study of adatom behavior in carbon structures.

At first we have chose the calculation technique. For selection of the calculation technique we have used NWChem program, density functional theory (DFT), SVWN5, B3LYP, LC-BOP, PBE, LC-PBE functionals, 6-311++G (3df,3pd); 6-311G**; 6-311G**++ basis sets, dispersion correction (DFT-D) and basis set superposition error correction (BSSE correction).

Comparison between different techniques was made by calculations of binding energy of benzene molecules in T-shaped dimer (figure 1).

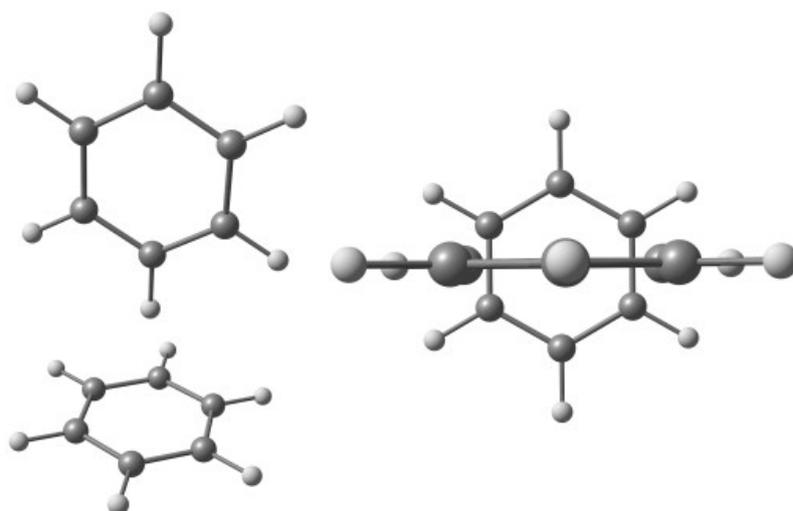


Fig. 1. T-shaped benzene dimer

Was established that PBE-D+BSSE 6-311G**++ technique provides the best accuracy. According to the calculation in PBE-D+BSSE 6-311G**++ technique binding energy of benzene molecules in T-shaped dimer is 12,2 kJ/mol, this value is comparable to experimental ($10,0 \pm 1,7$ kJ/mol) and CCSD (11,4 kJ/mol) dates.

To confirm efficiency of the selected technique we have calculated binding energy of benzene molecules in PD-benzene dimer (figure 2).

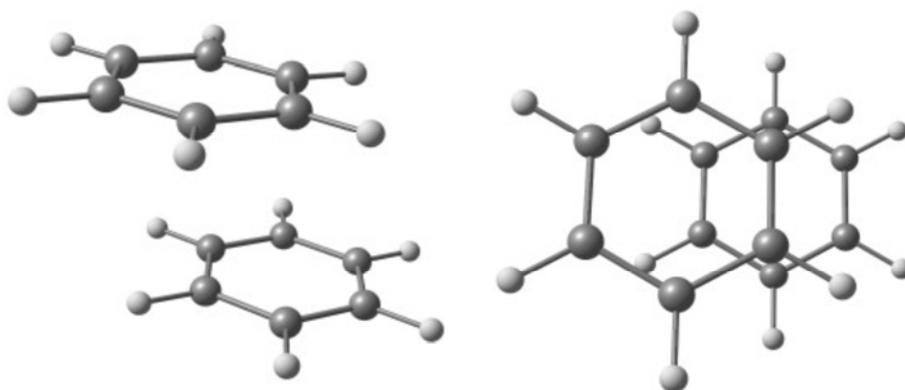


Fig. 2. PD-benzene dimer

As the result efficiency of the chosen technique was confirmed. Binding energy of benzene molecules in PD-benzene dimer, according to PBE-D+BSSE 6-311G**++ technique is 10,4 kJ/mol, while experimental and CCSD values of energy are $10,0 \pm 1,7$ kJ/mol and 11,5 kJ/mol, respectively.

Next we have calculated:

- binding energy between carbon adatom and the graphene;
- binding energy of graphite layers;
- binding energy between layers in double-layer AA-type graphene;

- binding energy between carbon adatom and the graphite.

Our researches were made in cluster approach and in periodic structures. Calculations in the cluster approach were made by using of NWChem program, density functional theory (DFT), PBE functional, 6-311G**++ basis set, dispersion correction (DFT-D) and basis set superposition error correction (BSSE correction). While calculations in periodic structures were made by using of VASP program, density functional theory (DFT), PBE functional, plane-wave functions, Vanderbilts ultra-soft pseudopotentials and dispersion correction (DFT-D). Moreover, all calculations were duplicated by density functional theory local density approximation (DFT LDA).

We have established that the most energetically favorable position of carbon atom on graphene surface is position over C-C bond (figure 3).

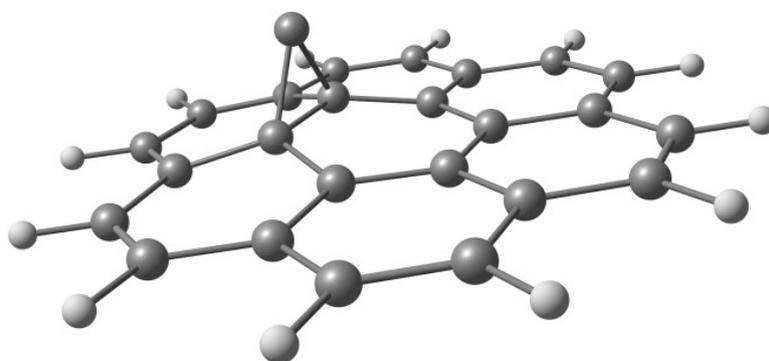


Fig. 3. Most energetically favorable position of carbon atom on graphene surface

Binding energies in that position, according to the cluster approach PBE-D 6-311G**++, cluster approach DFT LDA, periodic PBE-D and periodic DFT LDA calculations are 136,2 kJ/mol, 201,8 kJ/mol, 153,1 kJ/mol and 208,3 kJ/mol, respectively.

Next we have calculated binding energy of graphite layers (figure 4).

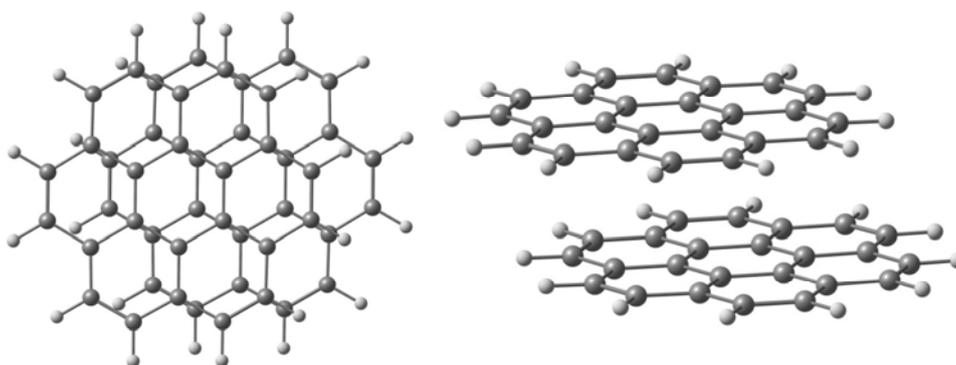


Fig. 4. Model graphite area

We have established that binding energies of graphite layers, according to the cluster approach PBE-D+BSSE 6-311G**++, cluster approach DFT LDA,

periodic PBE-D and periodic DFT LDA calculations are 18,1 kJ/mol, 13,5 kJ/mol, 30,6 kJ/mol and 31,2 kJ/mol, respectively.

Furthermore geometric optimization of double-layer AA-type graphene turns it into graphite (Figure 5). Therefore formation of double-layer AA-type graphene is energetically unfavorable.

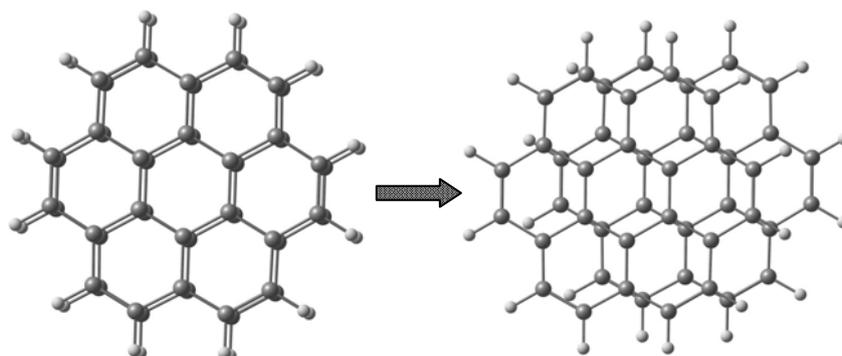


Fig. 5. Transition of double-layer AA-type graphene into double layer graphite

Next step was investigation of interaction between carbon adatom and the graphite.

We have established that the most energetically favorable position of carbon atom on graphite is position over C-C bond of the first layer and under the hexagon of the second layer (figure 6).

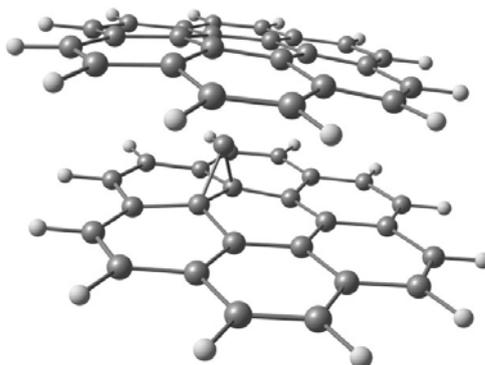


Fig. 6. Most energetically favorable position of carbon atom on graphite

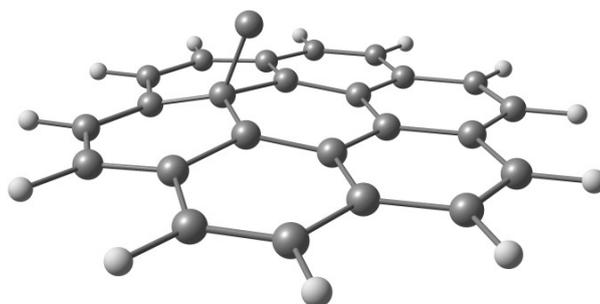


Fig. 7. Transition state in graphene

Binding energies in that position, according to the cluster approach PBE-D+BSSE 6-311G**+++, cluster approach DFT LDA, periodic PBE-D and periodic DFT LDA calculations are 47,5 kJ/mol, 127,9 kJ/mol, 68,1 kJ/mol and 141,7 kJ/mol, respectively.

Energies of the transition state in graphene (figure 7) and graphite (figure 8) were determined.

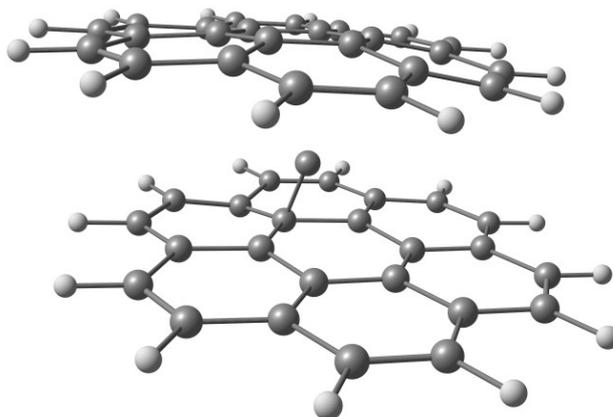


Fig. 8. Transition state in graphite

As the result we have established that the values of the energy barrier in graphene, according to the cluster approach PBE-D+BSSE 6-311G**+++, cluster approach DFT LDA, periodic PBE-D and periodic DFT LDA calculations are 52,9 kJ/mol, 50,5 kJ/mol, 43,7 kJ/mol and 35,0 kJ/mol, respectively. While the values of the energy barrier in graphite, according to the cluster approach PBE-D+BSSE 6-311G**+++ and cluster approach DFT LDA calculations are 57,4 kJ/mol and 63,1 kJ/mol, respectively.

Conclusion

- The technique that allows to correctly describe the Van der Waals forces was presented.
- Binding energy between carbon adatom and the graphene was established.
- Binding energy between graphite layers was investigated.
- Was found that geometric optimization of double-layer AA-type graphene turns it into graphite. Therefore formation of double-layer AA-type graphene is energetically unfavorable.
- Binding energy between carbon adatom and the graphite was established.
- Values of the energy barrier in graphene and graphite were investigated.
- Was found that intercalation of the carbon adatom on graphene and graphite causes partial distortion of their structures.

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА



УДК 621.3.029.6

ШИРОКОПОЛОСНАЯ МИКРОПОЛОСКОВАЯ АНТЕННА НА ДВУХ КОНДУКТИВНО-СВЯЗАННЫХ РЕЗОНАТОРАХ

А.С. Булавчук

Научный руководитель А.С. Волошин

Сибирский федеральный университет

В настоящее время микрополосковые антенны (МПА) интенсивно используются в системах навигации, связи и радиолокации, а также широко применяются в бортовой и специальной радиоаппаратуре. Они обладают рядом замечательных особенностей, одной из них является миниатюрность, а второй – возможность излучать электромагнитные волны с линейной, круговой, а также эллиптической поляризацией. При этом такие антенны допускают удобные конструктивные решения для работы в двух- или многочастотных режимах, легко позволяют объединять отдельные излучатели в фазированные антенные решетки и размещать их на поверхностях сложной формы. Известно, что относительная ширина рабочей полосы частот МПА мала в связи с высокой нагруженной добротностью резонаторов-излучателей. Это свойство микрополосковых антенн широко используется в существующих системах связи, работающих в узком диапазоне частот. Тем не менее, на сегодняшний день помимо узкополосных антенн, востребованы и широкополосные, например, в системах с большим числом используемых каналов связи. Поэтому создание широкополосных антенн на основе микрополосковых излучателей является важной и актуальной задачей.

В настоящей работе исследована конструкция микрополосковой антенны, в которой расширения рабочей полосы частот удалось достичь за счет использования двух кондуктивно-связанных полуволновых резонаторов с одинаковой шириной w , но различной длиной l_1 и l_2 полосковых проводников (рис. 1). Связь резонаторов с генератором (приемником) а также друг с другом осуществлялась с помощью микрополосковой линии передачи (МПЛ) длиной s , расположенной ортогонально длинной стороне полосковых проводников резонаторов на расстоянии l_x от их нижнего края. Сигнал на антенну подавался посредством коаксиального кабеля, цен-

тральная жила которого подключена к проводнику МПЛ через отверстие в подложке на расстоянии x от левого резонатора. Таким образом, каждый из резонаторов возбуждался сигналами, равными по амплитуде, но с разницей по фазе, равной $\Delta\varphi = k \cdot (s - 2x)$, где $k = 2\pi/\lambda$ – волновое число, λ – длина волны в МПЛ.

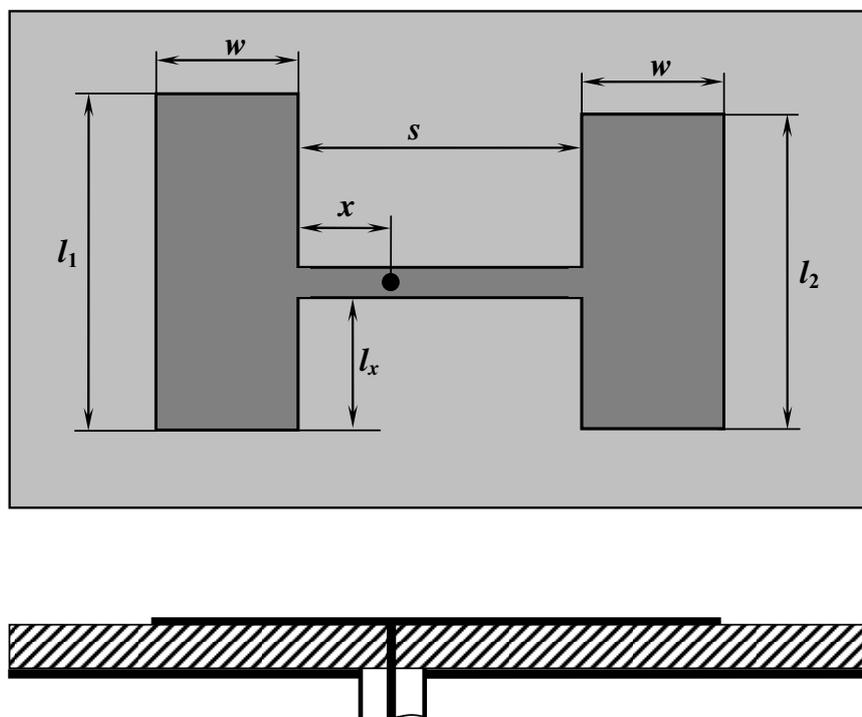


Рис. 1. Конструкция исследуемой микрополосковой антенны на двух кондуктивно-связанных резонаторах

Исследование амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) рассматриваемой микрополосковой антенны проводилось в электродинамическом модуле пакета программ «*Microwave Office*». На рис. 2 представлены результаты расчета частотных зависимостей обратных потерь исследуемой антенны после ее настройки на центральную частоту I -диапазона ($8 \div 10$ ГГц) и максимальный уровень обратных потерь в полосе $R_{\max} \leq -10$ дБ. Видно, что такая антенна эффективно может работать в полосе частот от $f_{\text{н}} = 8.72$ ГГц до $f_{\text{в}} = 9.58$ ГГц, при этом относительная ширина ее рабочей полосы частот равна:

$$\frac{\Delta f}{f_0} = 2 \cdot \frac{f_{\text{в}} - f_{\text{н}}}{f_{\text{в}} + f_{\text{н}}} \cdot 100\% = 9.4\%.$$

Соответственно, центральная частота рабочего диапазона составила $f_0 = 9.15$ ГГц. Отметим, что частоты $f_{\text{н}}$ и $f_{\text{в}}$ измерялись по уровню

$R = -10$ дБ. Размеры топологии данной конструкции антенны следующие: $w = 4.4$ мм, $l_1 = 9.6$ мм, $l_2 = 8.8$ мм, $l_x = 2$ мм, $x = 0.4$ мм, $s = 7.3$ мм. Ширина подводящей микрополосковой линии передачи была взята равной 1 мм.

Анализируя проведенный расчет можно сказать, что рабочую полосу антенны формируют две полуволновые моды, резонансным частотам которых соответствуют положения минимумов обратных потерь на АЧХ $f_I = 8.99$ ГГц и $f_{II} = 9.34$ ГГц (рис. 2). При этом, как показал расчет полей токов, протекающих в полосковых проводниках резонаторов, на частоте f_I токи в полосковых проводниках антенн имеют одинаковую фазу, а на частоте f_{II} – они в противофазе. Эта особенность исследуемой конструкции обусловлена тем, что подводящая микрополосковая линия передачи, во-первых, влияет на собственные частоты каждого из резонаторов, а во-вторых, на величину их взаимодействия. Важно отметить, что если параметр l_x характеризует связь подводящей линии передачи с каждым из резонаторов в отдельности, то расстояния x и s определяют связь резонаторов друг с другом, которая осуществляется преимущественно через микрополосковую линию, т. е. кондуктивно. Более того, для увеличения ширины рабочего диапазона антенны полосковые проводники резонаторов в ней, как уже отмечалось, имеют разную длину l_1 и l_2 . Это позволяет еще больше «растолкнуть» по частоте резонансы полуволновых мод каждого из резонаторов антенны и предоставляет более широкие возможности для ее настройки.

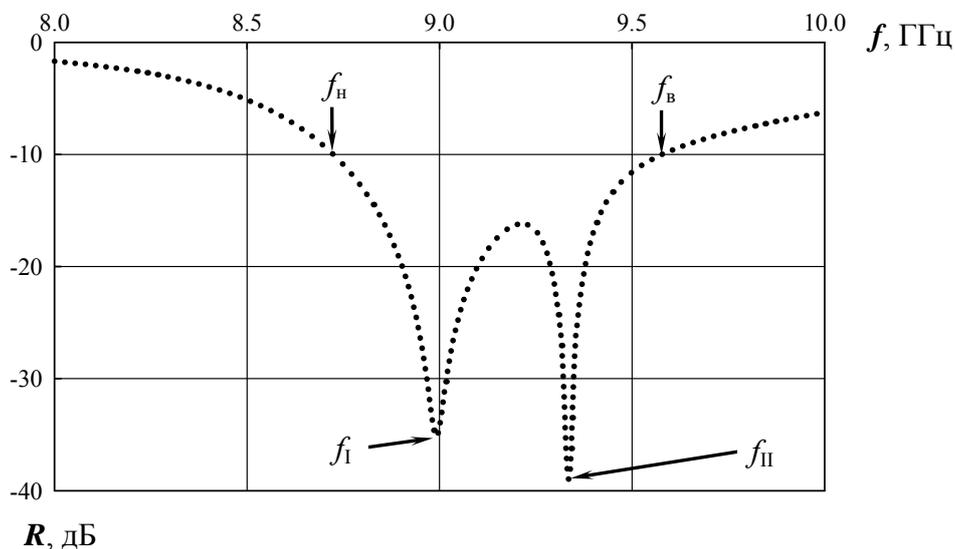


Рис. 2. АЧХ исследуемой микрополосковой антенны, рассчитанные в электродинамическом модуле программы «Microwave Office»

Расчет амплитудных диаграмм направленности (ДН) на каждой из резонансных частот показал, что рассматриваемая антенна имеет достаточно

широкий диапазон углов излучения-приема. Это хорошо видно на рис. 3, где представлены результаты расчета амплитудных диаграмм направленности на частоте $f_1 = 8.99$ ГГц в плоскостях $\varphi = 0^\circ$ (а) и $\varphi = 90^\circ$ (б). Например, в горизонтальной плоскости (рис. 3, а) ширина диаграммы направленности, измеренная по уровню половинной мощности, равна $2\theta_{0.5} = 67^\circ$, в вертикальной – $2\theta_{0.5} = 105^\circ$ (рис. 3, б). Можно отметить, что характер ДН на частоте f_{II} аналогичен характеристикам, представленным на рис. 3.

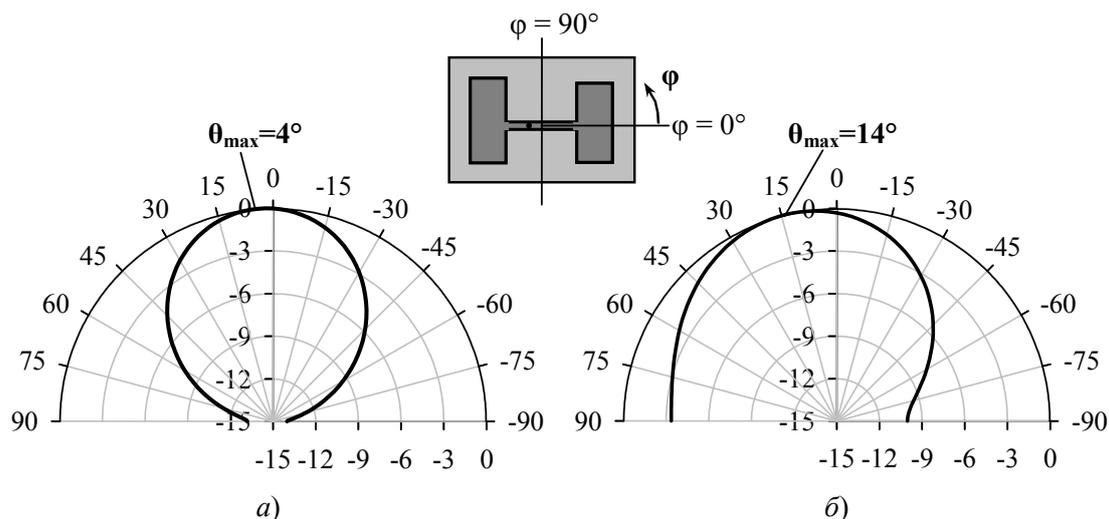


Рис. 3. Результаты расчета амплитудных диаграмм направленности на частоте $f_1 = 8.99$ ГГц в плоскостях $\varphi = 0^\circ$ (а) и $\varphi = 90^\circ$ (б)

При проектировании конструкций широкополосных антенн особые высокие требования предъявляются к их поляризационным характеристикам. Иначе говоря, важно, чтобы во всем рабочем диапазоне поляризационные характеристики антенны оставались постоянными. Для исследуемой антенны в пакете программ «*Microwave Office*» также был проведен расчет поляризационных диаграмм направленности на частотах минимумов обратных потерь f_I и f_{II} . Результаты расчета представлены на рис. 4, а и 4, б соответственно. Видно, что несмотря на то, что коэффициент эллиптичности при переходе от частоты f_I к f_{II} существенно увеличился, положение плоскости поляризации изменилось не значительно ($\psi_I = 6^\circ$, $\psi_{II} = 22^\circ$).

Таким образом, проведенные исследования новой конструкции широкополосной микрополосковой антенны показали ее эффективность и возможность использования в различных радиотехнических системах. Установлено, что ширина рабочей полосы антенны определяется, главным образом, параметрами l_x , x , s и различием длин полосковых проводников l_1 и l_2 , в то время как центральная частота полосы – средней длиной проводников $l_{cp} = (l_1 + l_2) / 2$. Кроме того, показано, что антенна имеет почти по-

стоянные угловые и поляризационные характеристики во всем рабочем диапазоне частот, что несомненно является ее важным достоинством.

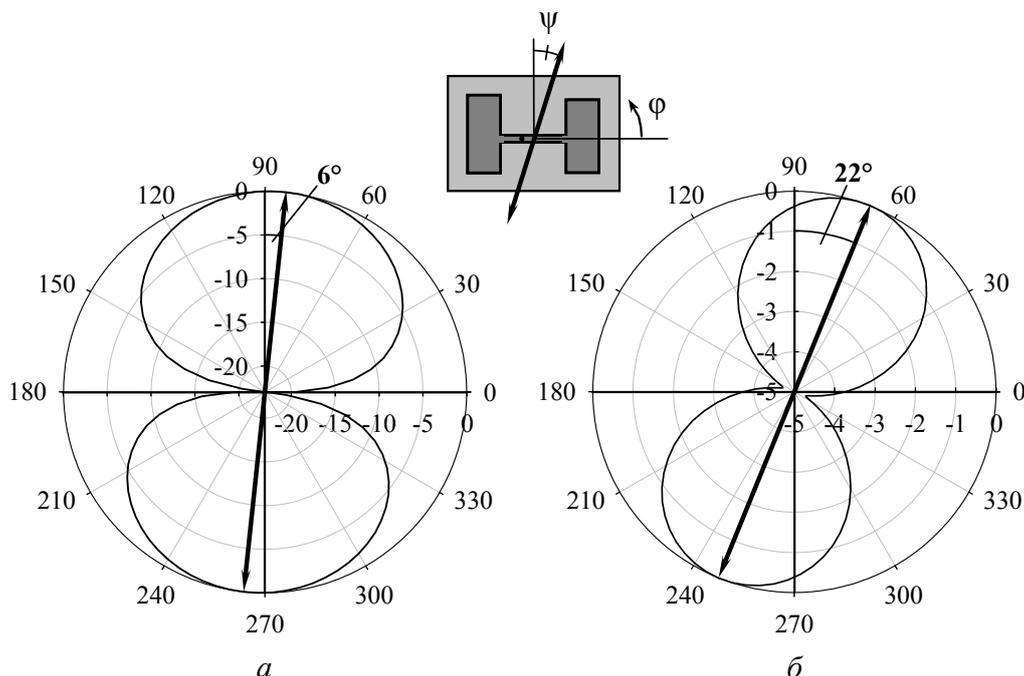


Рис. 4. Результаты расчета поляризационных диаграмм направленности на частотах $f_1 = 8.99$ ГГц (а) и $f_{II} = 9.34$ ГГц (б) согласно рис. 2

УДК 621.396.67

ШИРОКОПОЛОСНАЯ МИКРОПОЛОСКОВАЯ АНТЕННА ДЛЯ СЕТЕЙ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ

**Е.Р. Гафаров, Р.М. Крылов, Р.Д. Моисеенко,
А.Д. Немшон, А.Ю. Саломатов**

Научный руководитель Ю.П. Саломатов
Сибирский федеральный университет

В работе представлены результаты разработки микрополосковой широкополосной антенны для систем беспроводной передачи данных. Приведены характеристики антенны, полученные теоретическим и экспериментальным путем.

Микрополосковые антенны (МПА) нашли широкое применение в системах беспроводной передачи данных в связи с рядом преимуществ, таких как компактность, малый вес и простота изготовления. К недостаткам МПА следует отнести узкую полосу рабочих частот, что ограничивает их

применение на практике. Для расширения полосы рабочих частот МПА используют комбинированную антенну, настроенную на две резонансные частоты, что позволяет обеспечить необходимую для беспроводных систем связи ширину полосы пропускания.

В данной работе для получения двух резонансов использовался прямоугольный излучатель с U-образной щелью (рис. 1). U-образная щель добавляет емкостную составляющую в входное сопротивление, которая компенсирует индуктивную составляющую коаксиального кабеля.

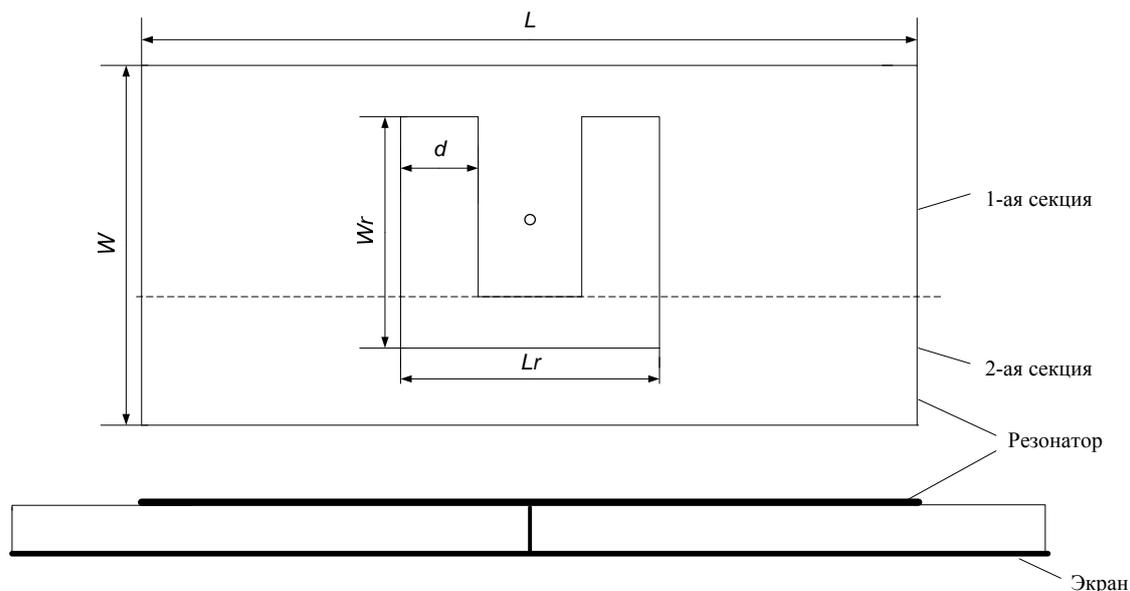


Рис. 1. Резонатор с U-образной щелью

Размеры МПА: $W = 55$ мм, $L = 116$ мм, $W_r = 39$ мм, $L_r = 28,5$ мм, $d = 8$ мм. Резонатор расположен на высоте 12,5 мм от экрана.

Обычные МПА представляют собой четырехполюсник с параллельным включением сопротивления (R_2), индуктивности (L_2) и емкости (C_2). Эквивалентная схема резонатора с U-образной щелью показана на рис. 2.

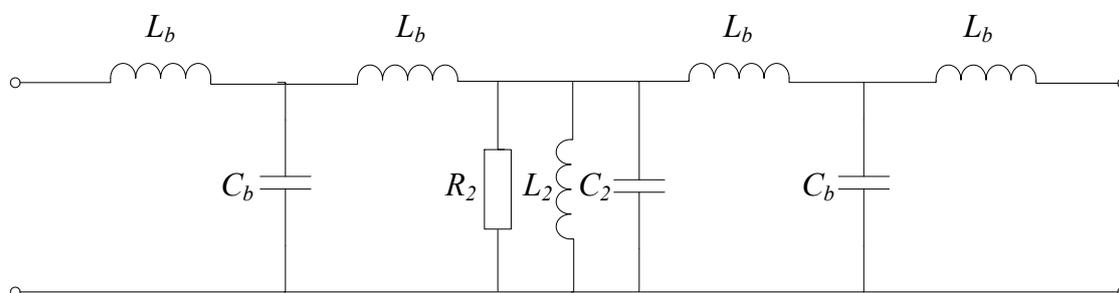


Рис. 2. Эквивалентная схема резонатора

Резонатор с U-образной щелью представлен в виде двух секций (рис. 1). В первой секции выполнены две параллельные прорези, за счет которых добавляются индуктивность ΔL и емкость ΔC , таким образом:

$$L_2 = L_1 + \Delta L \quad (1)$$

$$C_2 = \frac{C_1 \Delta C}{C_1 + \Delta C} \quad (2)$$

где L_1 и C_1 – реактивные составляющие излучателя без U-образной щели.

Вторая секция рассматривается как две микрополосковые линии каждая, из которых состоит из последовательно включенных индуктивностей L_b и емкости C_b . Сопротивление резонатора с учетом емкостной и индуктивной составляющей рассчитывается по формуле.

$$Z = \frac{2Z_b Z_p + Z_b Z_b}{Z_p + 2Z_b}; \quad (3)$$

$$Z_b = j\omega L_b + \frac{1}{\frac{1}{j\omega L_b} + j\omega C_b}, \quad (4)$$

где Z_p – входное сопротивление резонатора без U-образной щели.

Расчет характеристик антенны производился с помощью программного пакета *CST Microwave Studio*, который позволяет проводить полный электромагнитный анализ трехмерных структур. Антенна рассчитывалась на диапазон частот 1700-2170 МГц, данный диапазон включает в себя наиболее распространенные стандарты беспроводной передачи данных – 3G, GSM-1800, GSM-1900, DECT. Исходя из данных полученных расчетным путем, разработан макет антенны. На рис. 3 приведены фотографии изготовленного макета антенны.

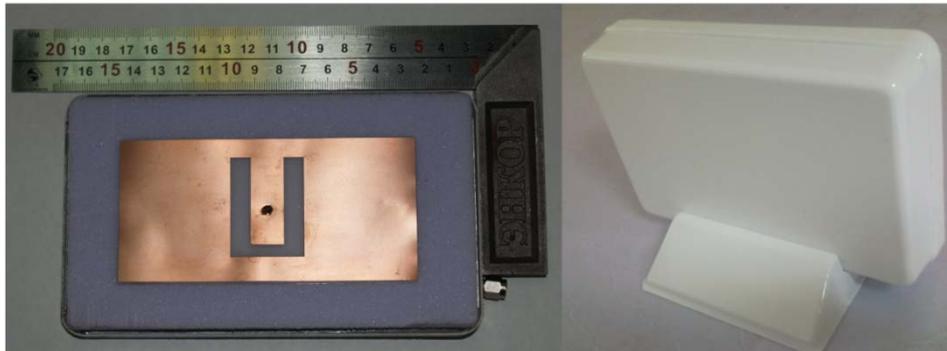


Рис. 3. Фотографии макета антенны

В качестве материала для изготовления резонатора был использован листовой фольгированный лавсан марки ЛФ-1. Внешние габариты антенны Ш×Д×В: 160×100×110 мм, вес макета 210 г.

Для измерений коэффициента отражения использовался прибор Микран Р2М-04. Рассчитанный и измеренный коэффициент отражения исследуемой антенны приведен на рис. 4.

Экспериментально полученная характеристика незначительно отличается от расчетной, уровень коэффициента отражения в полосе рабочих

частот не превышает значения -10 дБ для модели и -12 дБ для макета. Наблюдается незначительное расхождение кривых на верхнем резонансе, что обусловлено неточностями при изготовлении антенны.

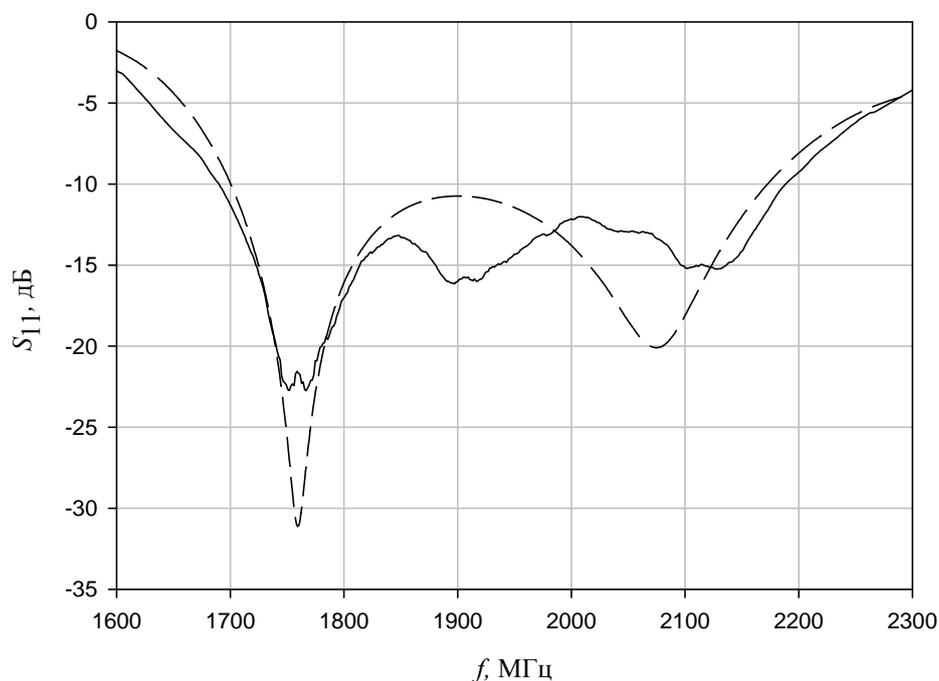


Рис. 4. Расчетный (пунктирная линия) и измеренный (сплошная линия) коэффициент отражения

Для измерений диаграмм направленности использовался прибор Микран Р4М-18 (векторный анализатор цепей), функции которого позволяют представить коэффициент передачи (S_{12}) во временной области. Использование этой функции позволяет внести фильтрацию в виде временной отсечки импульса, таким образом исключить влияние переотражений сигнала от различных металлических предметов в измерительной комнате, т. е. такие измерения будут близки к эталонным измерениям в безэховой камере или на открытом пространстве.

На рис. 5 представлены нормированные по уровню 0 дБ диаграммы направленности антенны на краях и в середине диапазона рабочих частот, полученные расчетным и экспериментальным путем.

В результате проделанной работы получен качественный макет микрополосковой антенны, которая имеет широкую диаграмму направленности по уровню -10 дБ в среднем 90° , что позволяет принимать сигнал со всех направлений полупространства, уровень боковых лепестков в полосе рабочих частот не выше -12 дБ, коэффициент усиления порядка 9 дБ. Полоса рабочих частот микрополосковой антенны с U-образной щелью порядка 28 % по уровню -10 дБ ($K_{СВ} = 2$), в то время как обычные микрополосковые антенны имеют ширину полосы частот не более 5 %.

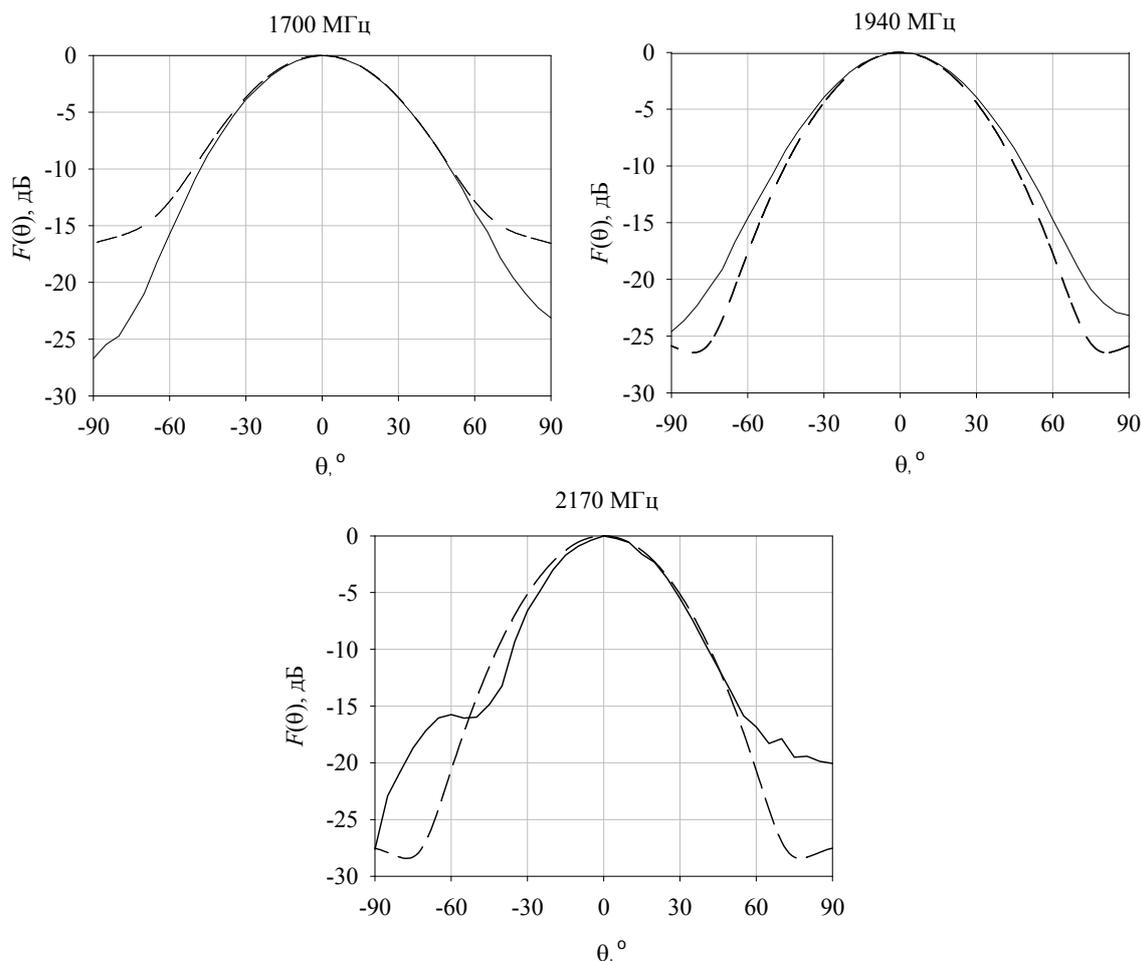


Рис. 5. Диаграммы направленности антенны
(сплошная линия – эксперимент, пунктирная линия – расчет)

УДК 621.373.52

СВЧ МОДУЛЬ НА ДИОДЕ ГАННА

В.А. Кочумеев, О.В. Стукач, В.П. Пушкарев*

Научный руководитель О.В. Стукач

Томский политехнический университет

**Томский университет систем управления и радиоэлектроники*

Приведены особенности реализации импульсного генераторного модуля, работающего на диодах Ганна типа 3A750, с рабочим диапазоном частот 9,2...9,6 ГГц, выходной мощностью 5...10 Вт, диапазоном рабочих температур $\pm 50^{\circ}$ С.

СВЧ-генератор, импульсная мощность, управление амплитудой, стабильность параметров

Рассматриваемый импульсный генераторный модуль предназначен для замены импульсных СВЧ-генераторов на магнетронах, используемых в составе систем ближней радиолокации и радионавигации, и состоит из возбуждателя и волноводного резонатора с установленным в ней диодом Ганна.

На рис. 1 приведена принципиальная схема возбуждателя.

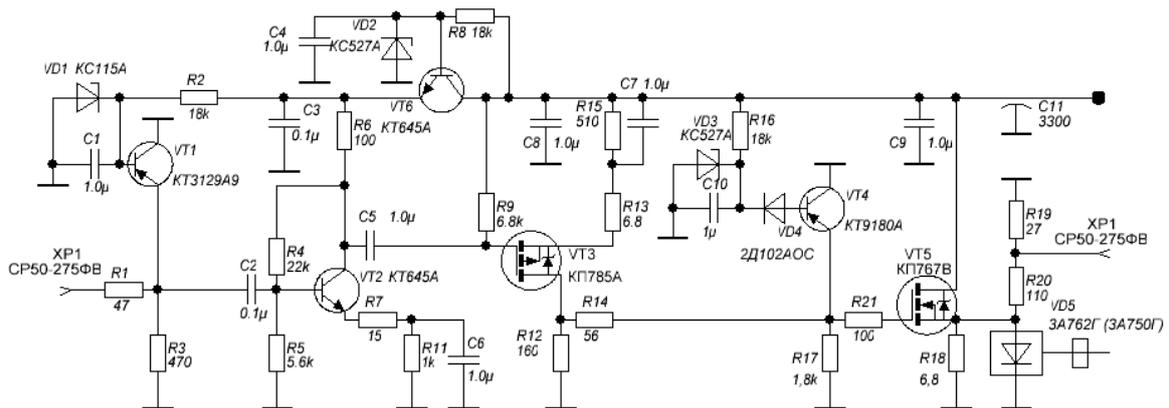


Рис. 1. Принципиальная схема возбуждателя

УФМС содержит: ограничитель амплитуды входных импульсов на транзисторе $VT1$; стабилизатор напряжения на транзисторе $VT6$; регулятор амплитуды на транзисторе $VT4$; трёхкаскадный импульсный усилитель на транзисторах $VT2$, $VT3$, $VT5$.

Ограничитель на транзисторе $VT1$ обеспечивает стабилизацию амплитуды сигнала на входе усилителя при изменении амплитуды импульсов на входе возбуждателя и разработан на основе схемы управления амплитудой однополярных импульсных сигналов, описанной в [1].

Ограничитель на транзисторе $VT1$ работает следующим образом. На базу транзистора $VT1$ со стабилизатора напряжения, состоящего из резистора $R2$ и стабилитрона $VD1$, подается постоянное запирающее оба перехода транзистора $VT1$ напряжение. В случае использования р-п-р транзистора, как показано на рис. 1, это напряжение положительное. При подаче на вход ограничителя импульсов положительной полярности, транзистор $VT1$ будет заперт до тех пор, пока амплитуда указанных импульсов будет меньше запирающего напряжения, подаваемого на базу транзистора $VT1$. При превышении амплитудой входных импульсов значения запирающего напряжения транзистор $VT1$ открывается, и его входное сопротивление будет составлять доли Ом. В этом случае транзистор $VT1$ играет роль самоуправляемого ограничителя [2].

Делитель напряжения на резисторах R1 и R3 необходим для сохранения работоспособности ограничителя при работе от генератора с малым выходным сопротивлением. При отсутствии делителя, шунтирующее действие транзистора *VT1* будет уменьшаться с уменьшением выходного сопротивления генератора и может привести к выходу его из строя, либо выжиганию транзистора *VT1*.

Трехкаскадный усилитель на транзисторах *VT2*, *VT3*, *VT5* обеспечивает на своем выходе получение импульсов положительной полярности амплитудой до 60 В и током до 20 А.

Для питания первого каскада возбудителя необходимо стабилизированный источник питания. Для стабилизации напряжения выбран стабилитрон КС527А и управляющий транзистор КТ645А.

Рабочие импульсные напряжения диодов Ганна типа 3А750 индивидуальны и лежат в диапазоне 27...30 В. Поэтому между выходом усилителя и клеммой возбуждения диода Ганна установлено устройство управления амплитудой импульсов возбуждения на транзисторе *VT5*, реализованное на основе схемы описанной в [3].

Устройство управления амплитудой импульсов работает следующим образом. На катод диода *VD4* со стабилизатора напряжения, состоящего из резистора R16 и стабилитрона *VD3*, подается постоянное напряжение управления, равное требуемой амплитуде импульсов на выходе устройства. В исходном состоянии диод *VD4* закрыт. При подаче на вход устройства импульсов, имеющих амплитуду меньше, чем значение постоянного напряжения управления, диод *VD4* остается закрытым. Полевой транзистор *VT5*, в момент подачи импульсов на вход устройства, входит в насыщение благодаря поступлению на его затвор через резистор R16 отпирающего импульсного напряжения. Сопротивление насыщения транзистора *VT5* составляет десятые доли Ом. В этом случае импульс, подаваемый на вход устройства, беспрепятственно проходит на его выход и поступает в нагрузку, на которой выделяется импульсное напряжение, равное амплитуде входных импульсов. При подаче на вход устройства импульсов, имеющих амплитуду, превышающую значение постоянного напряжения управления, диод *VD4* открывается, и на затворе транзистора *VT5* устанавливается напряжение, равное напряжению управления. Поэтому, как только амплитуда импульса на выходе устройства станет равной напряжению управления, транзистор *VT5* входит в режим ограничения, препятствуя дальнейшему росту тока в нагрузке, поскольку напряжение на истоке транзистора *VT5* не может превышать напряжения на его затворе.

Использование стабилитронов целесообразно для стабилизации выходной мощности СВЧ генератора в диапазоне температур $\pm 50^{\circ}$ С и при изменении напряжения питания в пределах 50...60 В, в случае использования диодов Ганна типа 3А750Г

Важным достоинством применения устройства управления на транзисторе $VT5$ является отсутствие спада плоской вершины импульса на его выходе при неизбежном присутствии спада на выходе усилителя, обусловленного наличием в его составе разделительных и блокировочных емкостей. Отсутствие спада обеспечивает стабилизацию частоты генерации диода Ганна в течении действия импульса возбуждения.

На рисунке 2 показан внешний вид возбуждителя, поясняющий особенности его конструктивной реализации.



Рис. 2. Внешний вид возбуждителя

Волноводный резонатор выполнен в виде волновода сечением 23×10 мм и длиной 50 мм. Генераторный диод устанавливается внутри волновода на расстоянии $\lambda/4$, либо $3\lambda/4$ от его закороченного края, где λ – требуемая длина волны генерируемого колебания.



Рис. 3. Общий вид импульсного генераторного модуля

Для настройки волноводного резонатора на частоту генерации диода Ганна, и получения тем самым максимальной выходной мощности импульсного генераторного модуля, между диодом и закороченным краем волновода в широкую стенку волновода ввинчивается металлический винт, который фиксируется контргайкой.

На рис. 3 показан общий вид импульсного генераторного модуля.

Технические характеристики импульсного генераторного модуля:

- амплитуда сигнала запуска 2,5...15 В;
- рабочий диапазон частот 9,2...9,6 ГГц;
- длительность импульсов запуска 0,2...1,5 мкс;
- длительность фронта генерируемых радиоимпульсов, не более 100 нс;
- скважность генерируемых импульсов, не менее 500;
- диапазон рабочих температур $\pm 50^{\circ}$ С;
- напряжение источника питания 60 В;
- максимальное значение потребляемого тока 30 мА.

На рисунке 4 приведены результаты исследования влияния напряжения возбуждения $U_{\text{возб}}$ и скважности генерируемых импульсов Q на частоту генерации рассматриваемого импульсного генераторного модуля на диоде Ганна типа 3A750 при длительности генерируемых импульсов, в соответствии с [1], равной 1 мкс.

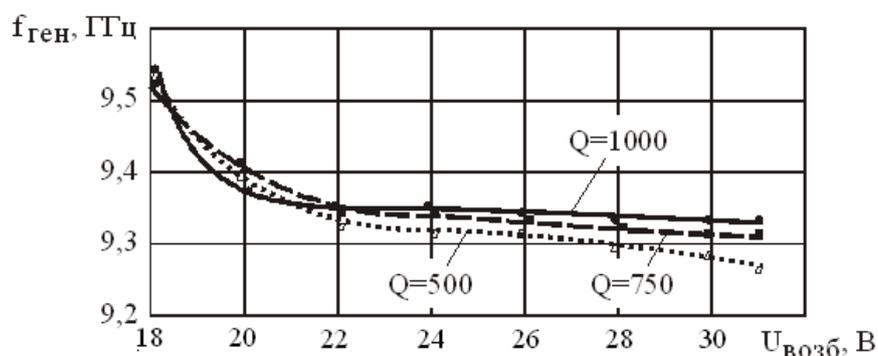


Рис. 4. Зависимость частоты генерации от напряжения возбуждения

Гарантированные характеристики диодов Ганна типа 3A750 достигаются при условиях: $U_{\text{возб}} > 24$ В; $Q > 1000$; допустимая температура корпуса 100° С.

Из графиков приведенных на рис. 5 следует, что при указанных условиях относительный уход частоты на вольт составляет

$$S_u = (\Delta f / f_0) / \Delta U_{\text{возб}} = 1,7 \cdot 10^{-4} \frac{1}{\text{В}}.$$

Полученные нестабильности характеристик рассматриваемого СВЧ генератора качественно совпадают с результатами исследований описан-

ных в [4] и позволяют рекомендовать СВЧ генератор для использования в системах ближней радиолокации и радионавигации.

Список литературы

1. Титов А.А., Семенов А.В., Пушкарев В.П. Устройство защиты усилителя однополярных импульсов от перегрузки по току. / Патент РФ № 2328818 – Оpubл. 10.07.2008. Бюл. № 19.
2. Титов А.А., Пушкарев В.П. Устройства управления амплитудой мощных импульсных сигналов // Электросвязь – 2010. – № 7. – С. 44–46.
3. Титов А.А. Транзисторные усилители мощности МВ и ДМВ. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2006. – 328 с.
4. Попов В. В. Стабилизация частоты генераторов на диодах Ганна миллиметрового-го диапазона длин волн // Известия вузов России. Радиоэлектроника. – 2009. – № 1. – С. 67–71.

УДК 621.396 (075)

АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К ТОЧНОСТИ ЦИФРОВОГО СИНТЕЗА ЧАСТОТЫ ДЛЯ ИМИТАЦИИ И ОБРАБОТКИ ШУМОПОДОБНОГО СИГНАЛА МОРСКОЙ ВЫСОКОТОЧНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Е.В. Кузьмин

Сибирский федеральный университет

Постановка задачи. Прием сигналов опорных станций морской высокоточной радионавигационной системы диапазона средних частот осуществляется корабельными станциями при скорости движения объектов $0 \leq V_{об} \leq 100 \text{ км/ч}$ [1]. Таким образом, доплеровский сдвиг частоты принимаемых сигналов не превышает [2]

$$F_{д \max} \leq f_0 \frac{V_{об}}{c} = 2 \cdot 10^6 \frac{27,78}{299792458} \approx 0,2 \text{ Гц}, \quad (1)$$

где f_0 – средняя частота спектра сигнала, c – скорость света. Для реализации и отработки алгоритмов прецизионного измерения радионавигационных параметров необходимо обеспечить имитацию сигналов опорных станций, принимаемых движущейся корабельной станцией. С учетом обозначенного выше диапазона изменения скоростей, а следовательно и доплеровских сдвигов частот, при имитации необходимо обеспечивать точность синтеза частоты не хуже, чем минимально возможный доплеровский

сдвиг частоты (в предположении, что $V_{об} > 0$). Так, считая минимальную скорость движения объекта $V_{об\ min} = 0,01\text{ км/ч}$, с учетом (1) получим минимальный доплеровский сдвиг частоты: $F_{д\ min} \approx 2 \cdot 10^{-5}\text{ Гц}$. На современном этапе развития элементной базы, применяемой в радиоэлектронике, формирование сложных сигналов сравнительно легко обеспечить с применением метода прямого цифрового синтеза (DDS – direct digital synthesis).

Цель тезиса: обоснование требований к точности цифрового синтеза частоты для задач имитации и обработки шумоподобного сигнала.

При реализации алгоритмов прямого цифрового синтеза частоты основными элементами являются: аккумулятор фазы (счетчик большой разрядности), элемент памяти (содержащий отсчеты одного периода гармонического колебания), цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), и фильтр нижних частот (ФНЧ). Минимальный шаг по частоте (разрешающая способность) определяется выражением [3]:

$$\Delta f_{\min} = \frac{f_{д}}{2^n}, \quad (2)$$

где $f_{д}$ – частота дискретизации; n – разрядность счетчика (аккумулятора фазы).

Задавшись $f_{д} = 80\text{ МГц}$ и используя (2), определим необходимую разрядность аккумулятора фазы для обеспечения высокоточного синтеза частоты при имитации и обработке шумоподобного сигнала:

$$\Delta f_{\min} = F_{д\ min} = \frac{f_{д}}{2^n},$$

откуда

$$n = \log_2 \left(\frac{f_{д}}{F_{д\ min}} \right) = \log_2 \left(\frac{80 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^{-5}} \right) \approx 42. \quad (3)$$

Как видно из (3), несмотря на достаточно высокие наложенные требования на точность синтеза, обусловленные малыми значениями доплеровского сдвига частоты, необходимый аккумулятор фазы может быть реализован при сравнительно невысокой частоте дискретизации. Кроме того, при реализации на программируемых логических интегральных схемах фирмы Xilinx необходимая разрядность аккумулятора фазы ($n = 42$) может быть доведена до $n = 48$ и более. Специализированное программное обеспечение для разработки устройств на основе FPGA-технологии (Xilinx System Generator for DSP и ISE Foundation) содержит стандартные инструменты для синтеза частоты (IP-ядра). Однако точности синтеза для оговорен-

ных условий не превышают значений $\Delta f_{\min} \leq 1 \cdot 10^{-3} \text{ Гц}$, что недостаточно для решения поставленной задачи.

С использованием стандартных элементов библиотеки Xilinx System Generator for DSP разработан программный модуль высокоточного цифрового синтеза сигналов при $f_{\text{д}} \approx 80 \text{ МГц}$ и $n = 48$. Разработанный модуль экспериментально проверен с использованием отладочного средства XtremeDSP Development Kit-IV, содержащего FPGA Virtex4 xc4vsx35-10ff668, ЦАП AD9772a и перестраиваемый ФНЧ. При проведении проверок формировались гармонические сигналы и шумоподобные сигналы перспективной радионавигационной системы.

Выводы:

1. Обоснованы требования к точности цифрового синтеза частоты для задач имитации и обработки шумоподобного сигнала перспективной радионавигационной системы. Для рассматриваемой задачи точность синтеза частоты должна быть не хуже $\Delta f_{\min} \leq 2 \cdot 10^{-5} \text{ Гц}$.

2. Определены минимальные требования к разрядности аккумулятора фазы цифрового синтезатора. Для обеспечения указанной в п. 1 точности синтеза частоты при частоте дискретизации $f_{\text{д}} \approx 80 \text{ МГц}$ необходим аккумулятор фазы с разрядностью $n \geq 42$.

3. Средствами Xilinx System Generator for DSP разработан и экспериментально проверен программный модуль, реализующий алгоритм прямого цифрового синтеза частоты при $f_{\text{д}} \approx 80 \text{ МГц}$ и $n = 48$ (потенциальная точность синтеза $\Delta f_{\min} \approx 2,8 \cdot 10^{-7} \text{ Гц}$). Разработанный программный модуль используется при проведении работ по модернизации перспективной радионавигационной системы с шумоподобным сигналом.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта, выделенного на выполнение поисковых научно-исследовательских работ в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 г. (Государственный контракт от 31.10.2011г. №16.740.11.0764).

Список литературы

1. Kuzmin E.V. Comparative Analysis of Phase-lock Control System Algorithms for Spread-spectrum Signal Receiver / E.B. Кузьмин // Журнал Сибирского федерального университета. Серия «Техника и технологии». – Т.4. – №1. – 2011. – С.35–39. Режим доступа: http://elib.sfu-kras.ru/bitstream/2311/2276/1/04_Kuzmin.pdf.

2. Сосулин Ю.Г. Теоретические основы радиолокации и радионавигации / Ю.Г. Сосулин: учеб. пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 1992. – 304 с.

3. Ридико Л.И. DDS: прямой цифровой синтез частоты / Л.И. Ридико // Компоненты и технологии. – №7. – 2001. Режим доступа: http://www.kite.ru/assets/files/pdf/2001_07_50.pdf

УДК 621.37/.39

ОСОБЕННОСТИ ДОКУМЕНТООБОРОТА ПРИ ВНЕДРЕНИИ CALS-ТЕХНОЛОГИЙ

И.Н. Мурзин, Е.Н. Мурзин
Научный руководитель С.И. Трегубов
Сибирский федеральный университет

В конструкциях радиоэлектронных средств очень часто встречаются детали, которые отличаются только одним конструктивным параметром. Например, переключки, устанавливаемые на печатной плате, могут отличаться только длиной. Типовое решение – создание группового документа на деталь, однако при внедрении CALS-технологий это не самое лучшее решение. Применять решения, пригодные для «бумажного» документооборота, неприемлемо и в случае заимствования уже разработанных изделий.

Использование CALS-технологий в практическом плане предполагает организацию единого информационного пространства (ЕИП) или интегрированной информационной среды, объединяющей автоматизированные системы, предназначенные как для эффективного решения задач инженерной деятельности, так и для планирования и управления производством и ресурсами предприятия.

В этом смысле предметом CALS являются методы и средства как взаимодействия разных АС и их подсистем, так и сами АС с учетом всех видов их обеспечения. Практически синонимом CALS в этом смысле становится термин *PLM (Product Lifecycle Management)*, обозначающий систему, которая предназначена для сбора, хранения и управления данными. В ряде случаев для этого используются *PDM* системы.

Взаимодействие в ЕИП предполагает обмен данными участников жизненного цикла изделия только через базу данных – основу *PDM* системы. Иной способ обмена данными запрещен (рис. 1). По причине, что невозможно проконтролировать ход выполнения задачи.

Одним из показателей определяющих рациональную работу на предприятии, является коэффициент унификации и стандартизации, показывающий наличие применения во вновь разрабатываемых изделиях уже ис-

пользованных в конструктивно-технологических решениях, в частности, деталей и узлов. При этом интересным моментом является сохранение у изделия ранее присвоенной десятичной характеристики по ЕСКД.

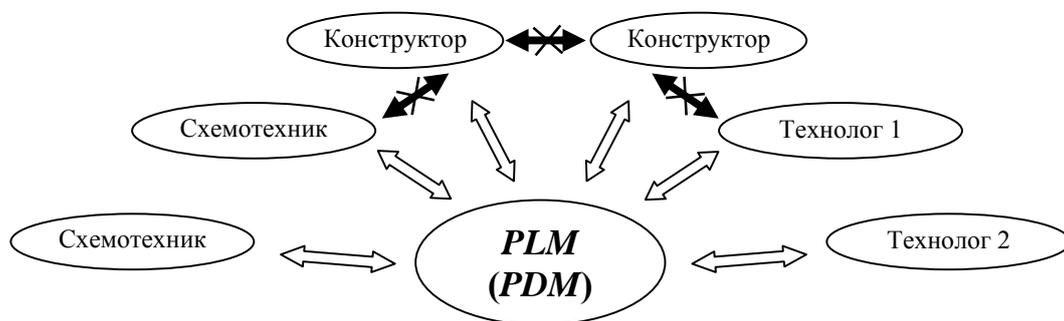


Рис. 1. Обмен информации в ЕИП

Рассмотрим это на следующем примере. Допустим, что одним конструктором была спроектирована пластина 1, входящая в узел 11 (рис. 2).

После размещения в базе данных (ЕИП) полученных в результате разработки изделий, к этой информации получают доступ и другие участники жизненного цикла изделия. Таким образом, возможно разработка другим конструктором узла 21 (рис. 3) с использованием имеющейся пластины 1 (достаточных прав доступа к информации). Как правило, в этом случае, десятичную характеристику примененного изделия не изменяют.

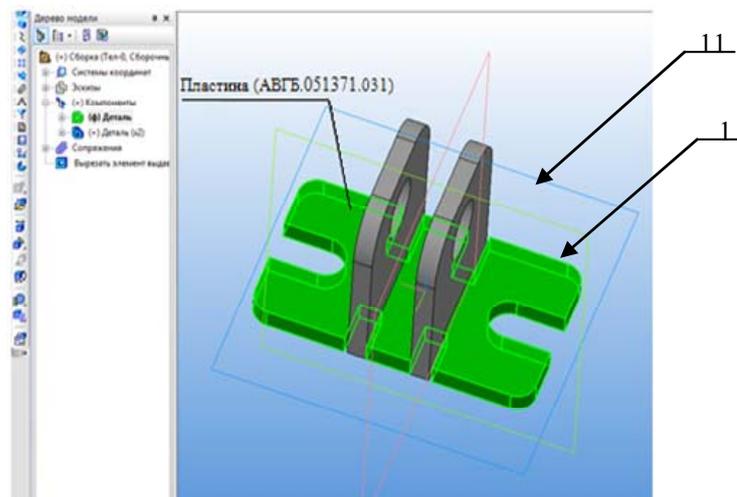


Рис. 2. 3D-модель сборки петли

Со временем может возникнуть ситуация, при которой необходимо в первом изделии изменить размер между проушинами. В этом случае, информация о изменениях геометрических параметров пластины 1 до второго разработчика не доходит. Следствием этого может быть брак при сборке узла 21.

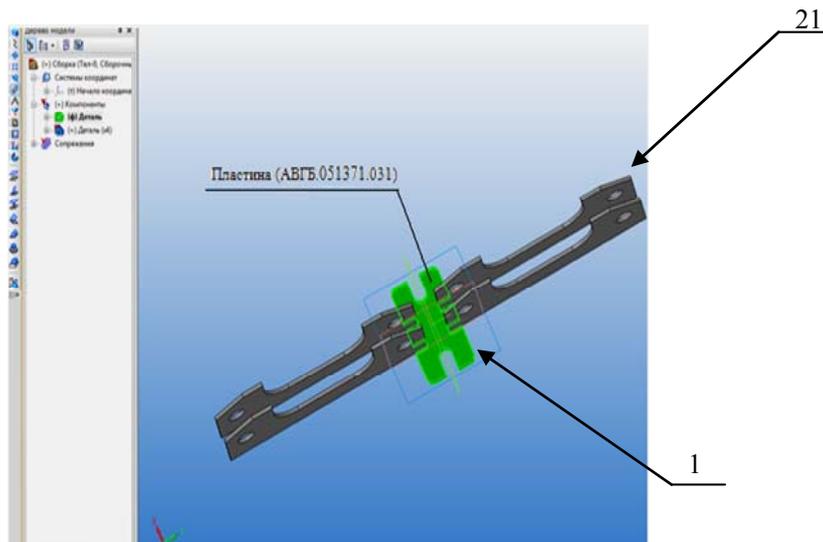


Рис. 3. 3D-модель сборки подставки

Чтобы избежать данной ситуации, необходимо во втором случае обязательно использовать для всех применяемых изделий только свою десятичную характеристику, несмотря на одинаковую конфигурацию заимствованного изделия.

В общем случае, в процессе проектирования необходимо использовать не чертежи изделий, а электронные 3D-модели деталей и узлов из базы типовых конструктивных решений, собранных для каждой десятичной характеристики. Простейшим примером такой базы моделей является иллюстрированный справочник ЕСКД (рис. 4).

		ГЛУХИМИ		СКВОЗНЫМИ	
		парал.	непарал.	парал.	непарал.
МЯ И БОЛЛЕ БАЗОВЫМИ ОТВ. НОВОЙ БАЗЕ	ПАРАЛ. ОСНОВНОЙ БАЗЕ	731340	731341	731342	731343
	ПЕРПЕНДИК.	731350	731351	731352	731353

Рис. 4. Фрагмент иллюстрированного справочника ЕСКД

Процесс формирования групповых спецификаций не предусмотрен в CAD-пакетах (рис. 5), проблемно также создание групповых чертежей. Поэтому, при внедрении безбумажного документооборота необходимого, в рамках CALS-технологий, каждой разрабатываемой детали присваивать свою десятичную характеристику, а не вариант группового исполнения (рис. 6.)

Перв. проект.	Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
					<u>Сборочные единицы</u>		
			*) 1	АБ5.150.190 СБ	Сборочный чертеж		
					<u>Детали</u>		
		А В	4	АБ7.755.015-01	Перемычка	4	
		А ЗА	5	АБ7.755.015-02	Перемычка	2	

Рис. 5. Групповая спецификация печатной платы с перемычками

Перв. проект.	Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
					<u>Сборочные единицы</u>		
			*) 1	АБ5.150.190 СБ	Сборочный чертеж		
					<u>Детали</u>		
		А В	4	АБ7.755.015	Перемычка	4	
		А ЗА	5	АБ7.755.016	Перемычка	2	

Рис. 6. Спецификация печатной платы с перемычками

Таким образом, несмотря на то, что система ЕСКД позволяет выпускать групповые документы – чертежи деталей, сборочные чертежи и спецификации, в настоящее время приходится отказываться от этого. Несмотря на кажущееся увеличение времени разработки изделия, такой подход гарантирует избежание ошибок при коррекции документации в процессе жизненного цикла изделия.

ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГРАММНЫХ ПАКЕТОВ SOLIDWORKS И КОМПАС ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕМНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МОНТАЖА

А.С. Никитин

Научные руководители С.И. Трегубов, Ф.Г. Зограф
Сибирский федеральный университет

В настоящее время основное внимание разработчиков и пользователей САПР в области электроники уделяется твердотельному моделированию, моделированию объектов при различных типах воздействий на них (электромагнитных, тепловых, механических), разработке документации. В области проектирования электрического монтажа, как правило, только проектированию печатных плат. А на объемный электромонтаж уделяется гораздо меньше внимания с точки зрения использования специализированных программных продуктов.

На рис. 1. показаны основные стадии проектирования электрического монтажа. В процессе проектирования перед разработчиком встают следующие задачи:

- а) прокладка электрических проводников внутри приборов и между ними;
- б) выпуск конструкторской документации (чертежи и спецификации) на кабели и жгуты с подсчетом количества комплектующих и материалов;
- в) расчет длин всех проводников.



Рис. 1. Основные стадии проектирования кабельно-жгутовой обвязки изделия

Полностью автоматизировать получение кабельно-жгутовой обвязки практически очень трудно, так как в этом случае программа должна была бы учесть особенности электрических, функциональных схем изделия, особенности конструкции разрабатываемого устройства. Каждая из этих задач не поддается простой алгоритмизации.

Рассмотрим возможности проектирования кабельно-жгутовой обвязки, предоставляемые подключаемыми модулями наиболее распространенных в России САПР: КОМПАС (библиотека «Кабели и жгуты 3D») и SolidWorks (модуль «SWR-Электрика»).

Преимущества системы КОМПАС:

- 1) Возможность присвоения собственных БЦО каждому из блоков устройства облегчает ориентирование внутри изделия.
- 2) Присутствует возможность автоматизированной прокладки трасс жгутов (выбор из нескольких предлагаемых вариантов).
- 3) Ответные соединители позиционируются автоматически.
- 4) Для каждого провода можно установить припуск на монтаж и припуск на провис.
- 5) К уже созданному жгуту можно добавлять сопутствующие материалы.
- 6) В числе выходной документации автоматически формируется спецификация на все составляющие жгута (соединители, марки проводов и их длина с учетом припусков, дополнительные материалы).

Недостатки системы КОМПАС:

- 1) Приложение также не может конвертировать электромонтажный чертеж в объемную разводку кабелей;
- 2) Даже при наличии схем Э2, Э3, Э4 и прочих, все соединители и трассы необходимо будет устанавливать в 3D-модель вручную.
- 3) Возможности пакета не позволяют автоматизировано проводить оптимальную трассировку для сложных систем с большим количеством препятствий, т. е. требуется активное участие проектировщика в редактировании трасс.
- 4) По умолчанию длины всех проводов в кабеле считаются одинаковыми, хотя в реальности это не так.
- 5) Система позволяет сгенерировать конструкторскую документацию только на кабели, а не на объемный электрический монтаж в целом.
- 6) Прописанные в свойствах трубки, плетенки не отображаются на модели кабеля.

На рис. 2. представлен пример проектирования электрического монтажа в КОМПАС-библиотеке «Кабели и жгуты 3D».

Преимущества системы SolidWorks:

- 1) Удобный, интуитивный внутрикомандный интерфейс.
- 2) Проектируемая трасса будущего жгута строится сразу на заданном расстоянии от поверхности, вдоль которой она пойдет, что снижает трудоемкость трассировки. Простой алгоритм добавления ответвлений к существующей трассе.
- 3) Проводные соединения не просто прописываются в свойствах жгута, но и для каждого из них строится 3D-модель, для каждого можно задать цвет, каждый провод соединяет конкретные контакты на соединителях.

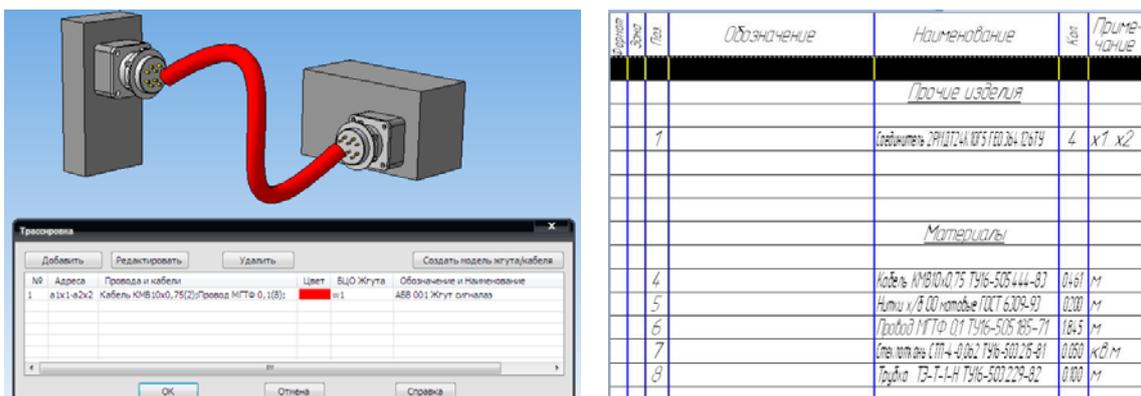


Рис. 2. 3D-модель электрического монтажа и выходная документация в КОМПАС

4) SWR-Электрика имеет связь с внешними EСAD системами посредством таблицы соединений. Это текстовый файл, каждая строка которого описывает один провод, и содержит обозначение, марку, сечение, соединяемые контакты, разделенные символом табуляции. Импортировав такой файл, получим полный набор проводных соединений для данного изделия, и останется только уложить их в трассы.

5) Есть функция автоматической раскладки проводов по уже проложенным трассам.

6) Простой алгоритм внесения изменений в уже созданные трассы, провода, жгуты.

7) Проводные соединения можно дополнительно объединять в кабели, для упрощения общей структуры. Кабели укладываются в жгуты аналогично проводам.

8) При добавлении дополнительных элементов (например, трубки) они отображаются на 3D-модели жгута.

9) Простой алгоритм создания соединителей.

10) Доступен анализ спроектированной конструкции на наличие ошибок (например, если диаметр жгута больше диаметра хомута, через который он проходит).

11) Система позволяет сформировать подробные отчеты о кабельно-жгутовой обвязке устройства в MSExcel.

12) Система позволяет автоматически создать чертеж жгута с монтажными видами входящих в него соединителей и дополнительной информацией в виде таблиц.

Доступны пять видов таблиц:

а) таблица для конца каждой трассы (содержит перечень проводов, выходящих из конца жгута);

б) таблица для соединителя (содержит перечень проводов, которые распаиваются на данный соединитель);

в) таблица распайки для всего жгута (сводная таблица проводов, входящих в состав жгута);

г) таблица проверки контактов соединителя на пробой;

д) таблица проверки сопротивления связей.

Недостатки системы SolidWorks:

1) Отсутствует автотрассировка жгутов. Проложение трассы обязательно требует участия пользователя.

2) Невозможно конвертировать схемы (Э2, Э3, Э4 и пр.) в объемную модель электро монтажа.

3) Отсутствуют функции позиционирования соединителей.

4) Припуски проводов не структурированы (нет деления на припуск на монтаж и припуск на провис, что может затруднить итоговый расчет для пользователя).

5) В числе выпускаемой документации отсутствует спецификация.

6) Требуется дополнительная настройка системы под соблюдение требований ГОСТ и ЕСКД при подготовке документации.

На рис. 3. представлен пример проектирования электрического монтажа в модуле «SWR-Электрика».

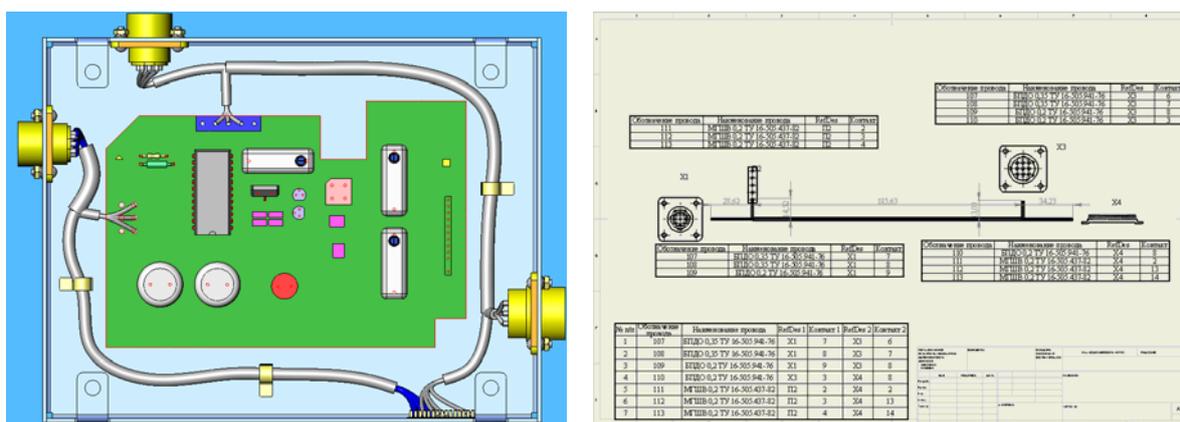


Рис. 3. 3D-модель электрического монтажа и выходная документация вSolidWorks

Оценивая возможности представленных систем, можно сделать следующие выводы:

1) Основными достоинствами КОМПАС являются строгое соблюдение требований ЕСКД, распространенность, автоматическое создание спецификации.

2) Основными достоинствами SolidWorks можно считать более быстрый, удобный, автоматизированный процесс проектирования, информативная выходная документация.

Таким образом, система SolidWorks более удобна и функциональна в использовании, чем КОМПАС, но не всегда может обеспечить соответствие с ЕСКД. В то же время, КОМПАС – распространенный конкурентоспособный продукт, позволяющий решать те же задачи, что и SolidWorks при соблюдении требований ЕСКД.

ТЕСТИРОВАНИЕ КАК ИННОВАЦИОННАЯ ФОРМА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ

К.О. Похабов

Научный руководитель Ю.Д. Лейченко

Сибирский федеральный университет

Кардинальные перемены, происходящие в современном образовании: смена образовательных парадигм, внедрение личностно-ориентированного подхода к обучению, моделей развивающих педагогических технологий – делают крайне актуальной задачу обеспечения качества знаний студентов. Контроль качества знаний студентов является одним из основных элементов оценки качества образования, важнейшим компонентом педагогической системы и частью учебного процесса. В объективной оценке качества знаний специалистов должны быть заинтересованы все субъекты педагогической деятельности, поскольку количественная и качественная стороны оценки уточняют сведения об уровне обеспечения предприятий и организаций профессиональными кадрами [1].

Учебный процесс в вузе представляет собой сложный объект управления, включающий взаимодействие таких элементов, как целей обучения, содержания дисциплины, методов, организации, форм и средств обучения, и самое главное, контроля результатов обучения и коррекции. Знания студентов являются выходом системы управления учебным процессом вуза. Уровень достигнутых знаний характеризуется оценкой, полученной студентом, т. к. оценка – это информация, которая по каналу обратной связи поступает в управляющую систему, характеризует текущее состояние объекта управления и дает возможность вносить коррективы в учебный процесс. Студенты получают оценки на экзаменах, зачетах, а также проходят тестирование, которое является более объективным способом определения уровня знаний [2].

Тестирование является одной из наиболее технологичных форм проведения автоматизированного контроля с управляемыми параметрами качества. В этом смысле ни одна из известных форм контроля знаний студентов с тестированием сравниться не может. Тестовые задания (ТЗ) применяются на всех этапах учебного процесса, что позволяет обеспечить эффективный предварительный, текущий, тематический и итоговый контроль знаний, умений, учет успеваемости, академических достижений.

Тестовые технологии многофункциональны, но наиболее важной представляется их диагностическая функция, позволяющая получать информацию о готовности студентов к освоению дисциплины или образовательной программы, степени подготовки студента, определять уровень

знаний, умений и навыков, выявлять возможные проблемы в обучении. Не менее важна и организующая функция тестирования. Преподаватель, получив возможность в короткие сроки подготавливать ТЗ, проводить тестирование, обрабатывать и анализировать его результаты, получает также и возможность проводить частые, регулярные контролирующие мероприятия по освоению изучаемой дисциплины. Это организует студентов, стимулирует их процесс учения. Используя банк ТЗ по темам и разделам дисциплины, студенты имеют возможность самостоятельно проконтролировать собственные знания и оценить свою готовность к текущему, промежуточному и итоговому контролю знаний, оценить собственные достижения или недостатки в отношении результатов учебного процесса [3].

Сильной стороной тестового контроля знаний является возможность охватить в процессе тестирования большой объем материала и тем самым получить действительно широкое представление о знаниях тестируемого студента. Использование тестирования в реальной педагогической деятельности позволяет заметно повысить объективность, детальность и точность оценивания результатов процесса обучения. Кроме того, ТЗ могут быть применены студентом и в ходе самостоятельной работы для контроля качества усвоения материала. Сравнить индивидуальные результаты тестирования можно путем соотношения либо с результатами других студентов, либо с прежними результатами того же студента, либо с поставленными учебными целями.

При проведении тестирования за несколько минут до окончания лекционных занятий преподаватель может увидеть вопросы, недостаточно хорошо поняты студентами, что стимулирует к совершенствованию методики чтения данной темы. Таким образом, промежуточное тестирование, фиксируя переход от одной темы к другой, в результате чего осуществляется постоянная обратная связь обучаемого с преподавателем, позволяет повысить эффективность процесса усвоения знаний. При применении ТЗ в межсессионный период осуществляется самоконтроль знаний студентов, а также их контроль преподавателем. ТЗ служат основой проверки знаний в качестве промежуточного контроля и контроля остаточных знаний студентов как после окончания изучения курса, так и перед выпускными квалификационными экзаменами. При проведении тестирования студентов-выпускников по дисциплинам, вынесенным на итоговую государственную аттестацию, осуществляется проверка уровня остаточных знаний.

Содержание ТЗ определяется содержанием учебного курса. Для составления ТЗ необходимо прежде всего представлять себе структуру знания, которым должен обладать студент по мере изучения и по итогам изучения того или иного учебного курса. ТЗ должно иметь известную меру трудности, выполнение его должно требовать напряжения. Задания должны быть краткими, ясными и корректными, не допускать двусмысленности. Все ответы в случае необходимости их выбора должны быть правдо-

подобными и равнопривлекательными. Работа над составлением ТЗ начинается со структурирования учебного курса, выделения в нем таких содержательных блоков, которые являются более или менее подходящими для проверки знаний. Затем определяется само понятие «знание» по каждой структурной единице и на этой основе составляется план ТЗ. Тесты должны включать в себя проверку знаний определений, законов и принципов, формул и расчетов и т. п. Умение составлять ТЗ приходит с опытом и является своего рода искусством. При составлении заданий необходимо придерживаться некоторых правил, основные из них следующие:

- содержание ТЗ должно принадлежать одной предметной области и иметь определенную меру трудности;
- формулировки ТЗ должны быть краткими, четкими, корректными, не содержащими двусмысленности;
- предлагаемые варианты ответов должны быть короткими, равнопривлекательными и правдоподобными.

Форма ТЗ зависит от их содержания. В настоящее время в педагогике используют четыре основных формы ТЗ, которые являются основой для составления ТЗ по любым учебным дисциплинам [4, 5]:

1. Задания закрытой формы. Вариативность заданий закрытой формы весьма велика, но в основе всегда лежит один и тот же принцип: испытуемому предлагается выбрать ответ на задание из нескольких предложенных, причем только один из них является правильным. При этом подразумевается, что все предложенные варианты ответа являются равнопривлекательными.

2. Задания открытой формы. В отличие от заданий закрытой формы здесь не предлагается вариантов ответа, а делается пропуск смысловой единицы в каком-либо утверждении, причем предполагается, что заполнить этот пропуск можно строго однозначно.

3. Задания на соответствие. Здесь необходимо установить соответствие между смысловыми единицами в правом и левом столбиках, причем справа вариантов дается больше, чем слева, то есть заведомо предполагается, что какие-то из них являются в данном случае неправильными.

4. Задания на установление правильной последовательности. Достаточно сложная форма, проверяющая глубокие и прочные знания учебного материала. Смысл ее состоит в установлении последовательности каких-либо событий, действий, терминов и т. д.

Установлено, что студенты, как правило, предпочитают первую форму, очевидно, потому, что чисто психологически легче решать задачу, когда знаешь, что один из предложенных ответов является правильным. По этой же причине третья и четвертая формы, сами по себе отнюдь не простые и требующие помимо знаний определенных интеллектуальных усилий, также предпочитают второй форме, которая менее всего ориентирована на догад-

ку. Важнейшим условием корректности применения ТЗ является недоступность их проверяемым до начала самой проверки. Как только ключ к основным заданиям становится известным студентам, ТЗ необходимо менять.

Основными характеристиками ТЗ являются его надежность и валидность. Понятие надежности связано с точностью измерений. Поскольку абсолютно точное измерение невозможно ни в одной науке, вопрос заключается в оценке погрешности и в определении на этой основе истинного значения искомой величины. Понятие валидности связано с пригодностью теста для достижения поставленной цели. И та, и другая характеристики рассчитываются с помощью соответствующих математических методов. Итогом выполнения ТЗ определенной группой студентов является матрица результатов. Если за каждое правильно выполненное задание ставится единица, а в противном случае ноль, то уровень знаний студента по проблематике данного ТЗ будет выражен в определенной сумме баллов. Расставив студентов по возрастанию или убыванию, мы получим ранжированный ряд студентов соответственно уровню их знаний по данной дисциплине. Если такая ранжировка проводится регулярно в течение всего изучения предмета, то к экзамену преподаватель будет иметь достаточно четкое представление об уровне знаний студентов данного курса по своему предмету. Создается своеобразный рейтинг студентов по изучаемой дисциплине. По итогам выполнения ТЗ видны пробелы в знаниях каждого студента, что позволяет индивидуализировать подход преподавателя. Появляется возможность четко, по одним и тем же критериям сравнивать уровень знаний разных студентов. Возможна и объективная оценка достижений преподавателя по разнице между исходным уровнем знаний студентов, определяемым по входному тестированию и конечным уровнем результатов итогового тестирования.

Качество знаний студентов является одним из ключевых объектов оценки качества образования. Проверка и оценка качества обучения – процесс сложный и многоплановый, и работа в этой области должна проводиться в нескольких направлениях: функции проверки в общей системе обучения; методика проверки и оценки знаний; принципы построения критериев и шкал измерения.

Список литературы

1. Антипова А.Н. Электронное тестирование в системе повышения качества образования / А.Н. Антипова, С. И. Квашнина, С.О. Новикова // Современные проблемы науки и образования. – 2008. – № 4.
2. Бутенков С.А. Методика и средства индивидуального тестирования в ВУЗе / С.А. Бутенков, В.А. Сальников, Д.С. Бутенков // Вопросы тестирования в образовании. – 2002. №2.
3. Наводнов В.Г., Развитие тестовых технологий в России / В. Г. Наводнов, А.С. Масленников, Л.Н. Шарафутдинова // Материалы IX

Всероссийской научно – метод. конф., 27-28 ноября 2007 г : в 2-х частях – ч.1. – М.: ФГУ «Федеральный центр тестирования», 2007.

4. Лейченко Ю.Д. Система компьютерного тестирования по курсу «Осно-вы теории цепей» // Материалы XI Международной научно-метод. конф. вузов и факультетов инфокоммуникаций, 23 июня 2010 г. – Астрахань. – 2010.

5. Кабанова Т.А. Тестирование в современном образовании: учеб. пособие для вузов/Т.А.Кабанова, В.А. Новиков. – М.: Высш. шк., 2010. – 381 с.

УДК 371.3:004.9

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

А.А. Сахачёва

Научный руководитель Ю.Д. Лейченко
Сибирский федеральный университет

Одним из мощных инструментов познания являются средства мультимедиа, позволяющие воспринимать информацию несколькими органами чувств одновременно. Именно подход к параллельной передаче аудио- и визуальной информации на персональном компьютере в сочетании с использованием больших объемов информации с интерактивными возможностями работы с ней предопределил качественный скачок эффективности использования мультимедиа в образовании.

Мультимедиа – это представление объектов и процессов не традиционным текстовым описанием, а с помощью фото, видео, графики, анимации, звука. Мультимедиа имеет перед полиграфическими изданиями два важных преимущества – качественное и количественное.

Качественно новые возможности очевидны, если сравнить словесные описания картины, музыки или технологических процессов с непосредственным аудиовизуальным представлением. Количественные преимущества выражаются в том, что мультимедиа среда намного выше по информационной плотности, чем традиционные способы передачи информации.

Эффективности обучения с помощью мультимедиа технологий способствует высокая мотивация студента, вызванная наличием разнообразных средств коммуникации между обучаемым и преподавателем (автором курса). Системы мультимедиа позволяют формировать навыки, которые в других компьютерных средах сформировать в принципе невозможно.

Преимущество мультимедиа продуктов состоит, прежде всего, в наличии узловых точек, позволяющих студентам регулировать процесс восприятия информации, т. е. проектировать свою образовательную траекторию. Обучаемые могут либо вернуться назад для повторения материала, либо перейти к любому другому узлу (новому материалу). Чем больше таких узлов, тем выше интерактивность программы и ее гибкость в процессе обучения. Интерактивность достигается за счет включения в мультимедийные обучающие курсы гипертекста.

Важнейшим преимуществом мультимедиа является аудиосопровождение учебной информации, повышающее эффективность восприятия материала, комментариев к изучаемым объектам, которые параллельно демонстрируются на мониторе компьютера.

Более эффективной является возможность сочетания аудиокomentarиев с дискретной подачей информацией (анимацией). В этом случае появляется возможность постепенно, шаг за шагом разьяснять самые сложные процессы в развитии объектов.

Изображение в цвете также позволяет повысить восприятие материала за счет психофизиологических особенностей человека.

Важным достоинством мультимедиа является возможность, практически на любом этапе работы с программой, предоставить обучающемуся осуществлять выбор из нескольких альтернатив с последующей оценкой правильности каждого шага. Такой постоянный текущий самоконтроль особенно важен в процессе самообразования.

Анализ существующих мультимедиа продуктов позволяет выделить следующие их возможности:

- использование базы данных аудиовизуальной информации с возможностью выбора кадра из банка аудиовизуальных программ и продвижения «внутри» выбранного кадра;
- выбор необходимой пользователю линии развития сюжета;
- наложение, перемещение аудиовизуальной информации, представленной в различной форме;
- аудиосопровождение визуальной информации;
- ситуационный монтаж текстовой, графической, видео, диаграммной, мультипликационной информации;
- изменение формы представленной визуальной информации по различным параметрам;
- реализация анимационных эффектов;
- изображение визуальной информации в цвете;
- вычленение выбранной части визуальной информации для ее последующего детального рассмотрения;
- работа с аудиовизуальной информацией одновременно в нескольких окнах;

- создание учебных видеофильмов;
- интерактивный диалог обучаемого с программой.

Принципиальны отличия мультимедиа от традиционных некомпьютерных средств представления аудио- и визуальной информации, например, видеозаписи. Конечно, видеомаягнитофон позволяет реализовать параллельную передачу звука и изображения, но в видеозапись заложен жесткий сценарий, что в принципе исключает интерактивность, произвольный переход от одного места записи к другому, осуществление поиска разделов по содержанию, использование разветвленных сюжетов и т. д.

Реализация вышеперечисленных возможностей мультимедиа предполагает достижения определенных педагогических целей, среди которых следует особо отметить осуществление вариативного подхода к предъявлению учебного материала, эмоциональность восприятия обучающимися информации, мотивированность обучения за счет осуществления разнообразных видов самостоятельной работы, возможность выбора тематики, вызывающей наибольший интерес у студента. Нельзя исключать и занимательность мультимедийного образования. Построение процесса обучения в виде развивающих интерактивных игр резко повышает внимание и интерес к учебному материалу.

Если же говорить о педагогических возможностях мультимедиа на лекционных занятиях, то главной является использование интерактивного взаимодействия преподавателя-лектора как с программно-аппаратным средством, предполагающим обмен текстовыми командами и ответами, так и одновременное общение со студенческой аудиторией: задавать вопросы, обеспечивая обратную связь, останавливать изображение на экране, в случае непонимания материала и его повтора. Дискретное наложение звука позволяет, в свою очередь, осуществить в процессе занятия психологическую разрядку (вывод достаточно сложной формулы, построение диаграммы может заканчиваться бодрым маршем), настраивание студенческой аудитории на определенный вид работы (подведение итогов лекции может предваряться соответствующей мелодией). Все это делает мультимедийные технологии в образовании очень гибкими и эффективными с дидактической точки зрения.

В результате, содержание педагогической деятельности в инновационном образовательном процессе с использованием мультимедийных технологий, существенно отличается от традиционного. Оно характеризуется несколькими особенностями.

Во-первых, значительно усложняется деятельность по разработке педагогических продуктов. Создание, внедрение и использование мультимедийных педагогических программных средств предъявляет к преподавателю высшего учебного заведения не только высокопрофессиональных знаний в своей области, но и знаний в области современных информаци-

онных технологий и технологических навыков работы с техническими средствами.

Во-вторых, в отличие от традиционного образования, где центральной фигурой является преподаватель, центр тяжести при использовании новых информационных технологий постепенно переносится на обучающегося, который активно строит свою индивидуальную учебную траекторию.

В-третьих, предъявление учебного материала с помощью мультимедиа требует более активного и интенсивного взаимодействия преподавателя и студента, в результате которых происходит формирование партнерских отношений между ними.

В-четвертых, значительно усложняется технология проведения лекционного занятия, т.к. преподаватель должен одновременно излагать материал, управлять мультимедийной установкой, следить за изображением на экране и чутко реагировать на изменение эмоционального состояния студенческой аудитории для установления устойчивой обратной связи.

Использование мультимедиа технологий вносит существенные изменения в преподавательскую деятельность, ее роль, функции. Преподаватель более эффективно использует учебное время, отказавшись от периодического повтора информации и сосредотачивает свое внимание на индивидуальной помощи студентам, разъяснении и обсуждении информации, развитии у них творческого потенциала и формировании креативного мышления.

Все приведенные аргументы ориентируют на результативные перспективы использования мультимедиа в учебном процессе и возможности дальнейшей интенсификации обучения.

УДК 621.396.677.851

ЭЛЕМЕНТ ШИРОКОПОЛОСНОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ

И.Б. Щербинина, А.М. Александрин
Научный руководитель Ю.П. Саломатов
Сибирский федеральный университет

В работе рассматривается создание элемента плоской широкополосной антенной решётки (АР), использующего излучающие структуры из искусственного неоднородного диэлектрика.

Основная сложность в создании широкополосного излучателя АР – получение однонаправленной диаграммы направленности (ДН) при сохранении

приемлемого согласования и характеристик ДН во всей полосе частот. Известны различные типы широкополосных антенн, которые удовлетворяют одновременно части этих требований. Как правило, создание плоского однонаправленного широкополосного излучателя представляет собой компромисс между хорошим согласованием и приемлемой формой ДН.

Предлагается использовать в составе АР широкополосный излучатель проходного типа из искусственного неоднородного диэлектрика – цилиндрическую линзу Микаэляна. В качестве широкополосного облучателя линзы предлагается использовать широкополосный вибратор в печатном исполнении (рис. 1), расположенный над металлическим экраном. Построенный таким образом излучатель АР может иметь произвольные размеры апертуры при сохранении плоского фазового фронта, что является преимуществом перед рупорными излучателями. Однако размер апертуры излучателя жёстко связан с его толщиной и диэлектрической проницаемостью в центре линзы. Кроме того, размер излучателя в составе решётки возможно должен быть меньше (при соответственно более высокой плотности размещения), чтобы уменьшить влияние спадающего к краям амплитудного распределения в линзе Микаэляна.

Тем не менее, использование широкополосного облучателя в комбинации с неоднородной диэлектрической линзой позволяет создать АР со значительно меньшим числом элементов, чем в АР с одиночными антеннами без линз, что снижает число ступеней деления мощности. Описываемый излучатель имеет электрические размеры $2\lambda - 4\lambda$ и работает в октавной полосе частот. Указанные размеры позволяют до 64 раз уменьшить число излучателей по сравнению с АР с полуволновым расстоянием между элементами.

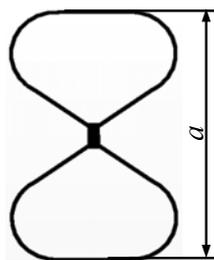


Рис. 1. Общий вид излучателя типа «бабочка».

Неоднородную линзу Микаэляна можно представить в виде набора цилиндрических слоев диэлектрика, отличающихся друг от друга диэлектрической проницаемостью. Она изменяется от максимального значения ϵ_1 в центре линзы до единицы на ее краю. Сама линза имеет форму шестиугольника (рис. **Ошибка! Источник ссылки не найден.**). Данная форма позволяет вплотную разместить элементы антенной решетки при гексагональном расположении излучателей. Согласующий слой толщиной $\lambda_0/4$ с

$\varepsilon_2 = \sqrt{\varepsilon_1}$ необходим для уменьшения отражений от границы раздела между линзой и воздушным пространством.

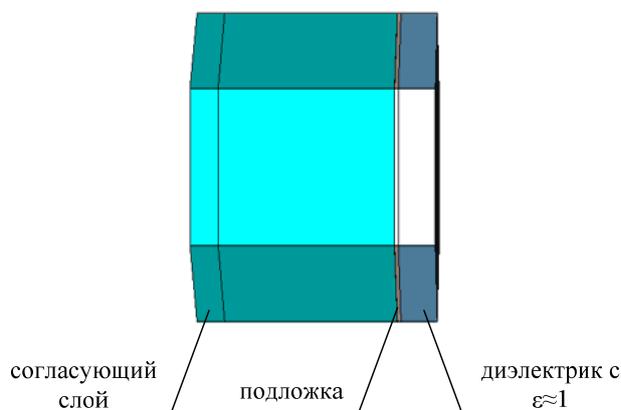


Рис. 2. Элементы широкополосного излучателя

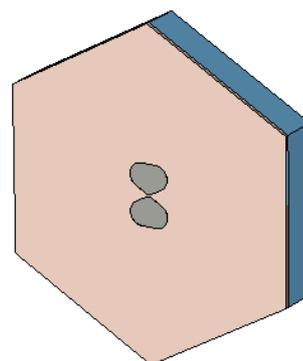


Рис. 3. Излучатель в виде антенны-«бабочки»

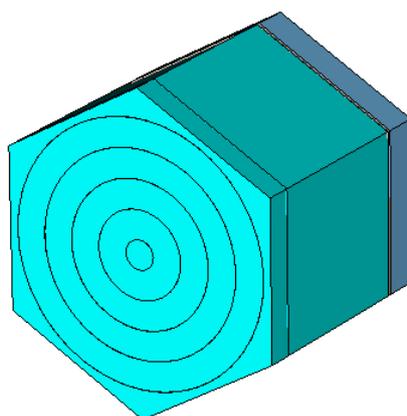


Рис. 4. Излучатель в виде антенны-«бабочки»

Расчётные зависимости различных характеристик линзы от количества концентрических слоёв показаны на рис. 3–7.

Из вышеприведённых графиков видно, что при заданных размерах излучателя достаточное число слоёв равно 4, при этом обеспечивается синфазность излучающего раскрыва.

ДН излучателя приведены на рис. 2. Из полученных графиков видно, что в Е и Н плоскостях диаграммы направленности сужаются при увеличении частоты. Уровень боковых лепестков не превышает минус 16 дБ в Е плоскости и минус 14 дБ в Н плоскости.

На рис. 102 приведена расчётная зависимость максимального УБЛ (включая уровень дифракционных лепестков) от частоты для решётки 8×8 , составленной из описанных излучателей. График получен путём умножения ДН излучателя на множитель решётки. Расстояние между элементами

решётки составляет $2,75\lambda_0$. Во всей полосе частот подавление дифракционных максимумов не хуже -12 дБ

Описанный излучатель позволяет построение АР с соотношением толщины к размеру апертуры до 1:8, работающей в полосе частот 2:1 при достаточном (ниже -12 дБ) подавлении дифракционных лепестков за счёт узкой ДН отдельного излучателя.

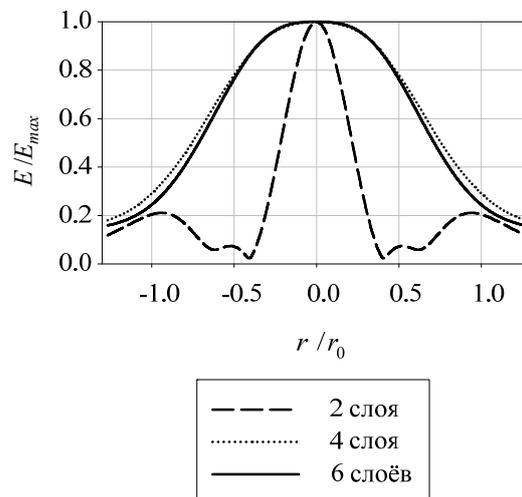
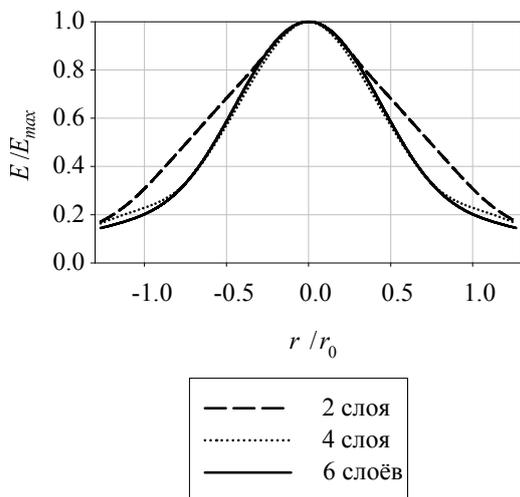


Рис. 3. Нормированное амплитудное распределение в раскрыве линзы для разного количества слоёв для $f = 0,7f_0$

Рис. 4. Нормированное амплитудное распределение в раскрыве линзы для разного количества слоёв для $f = 1,4f_0$

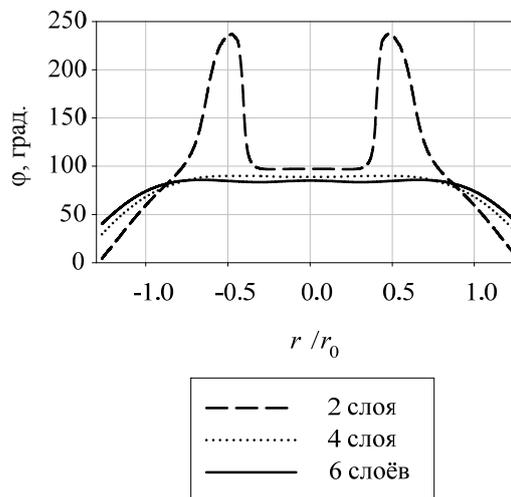
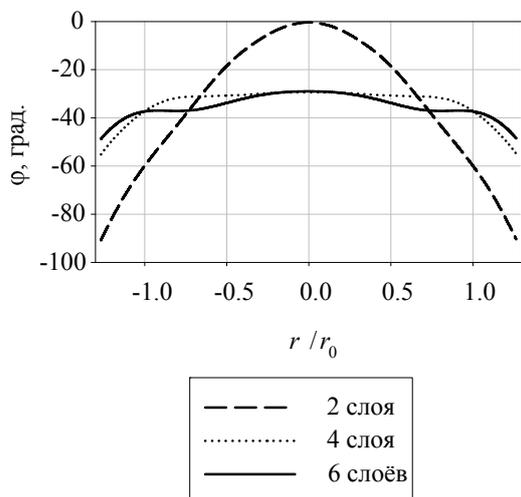


Рис. 5. Фазовое распределение в раскрыве линзы для разного количества слоёв для $f = 0,7f_0$

Рис. 6. Фазовое распределение в раскрыве линзы для разного количества слоёв для $f = 1,4f_0$

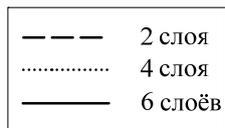
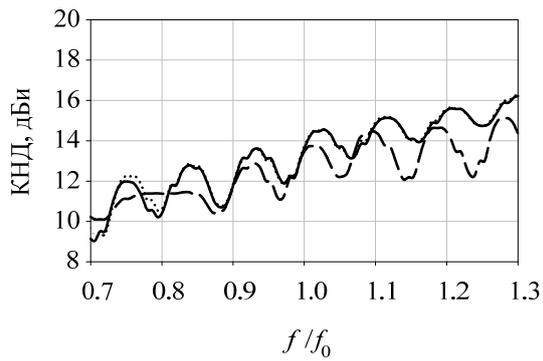


Рис. 7. Зависимость КНД от частоты для разного количества слоёв

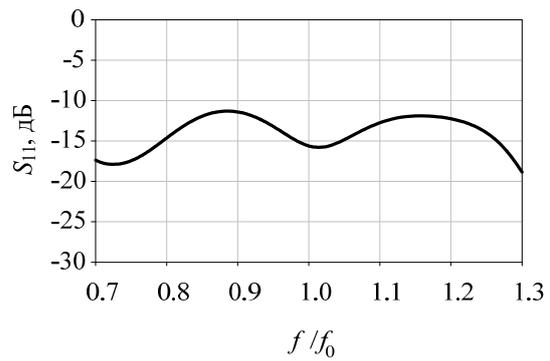
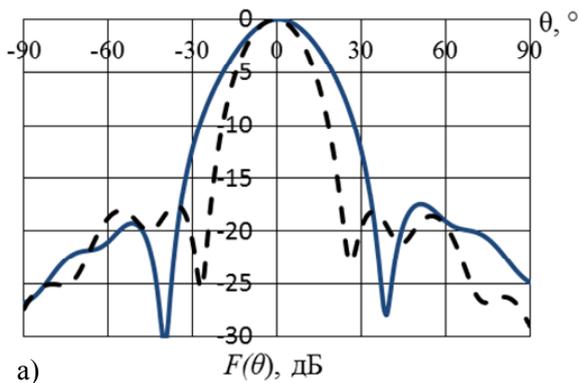
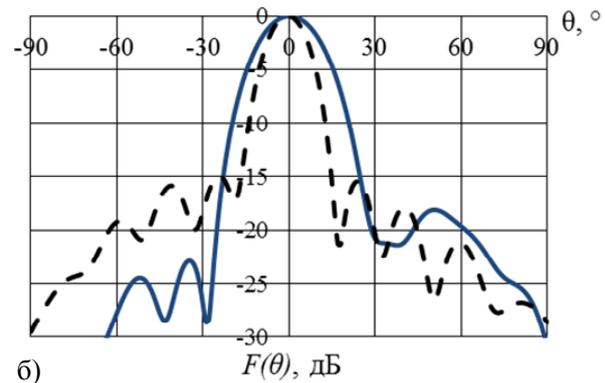


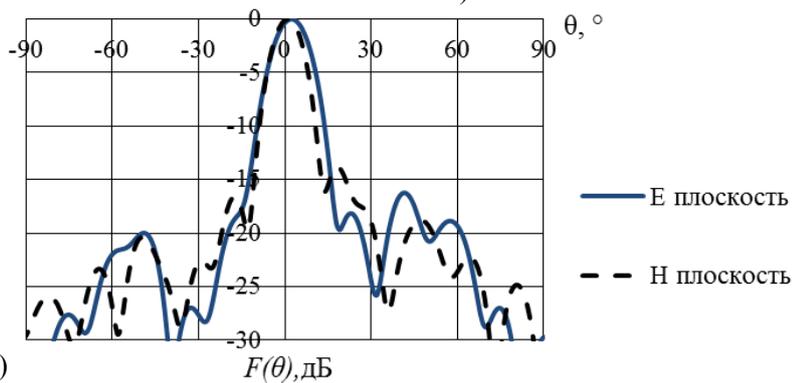
Рис. 8. Коэффициент отражения элемента антенной решётки в сборе от порта сопротивлением 60 Ом



а)



б)



в)

Рис. 9. Диаграммы направленности в Е и Н плоскостях на частотах: а - $0,7f_0$; б - f_0 ; в - $1,4f_0$.

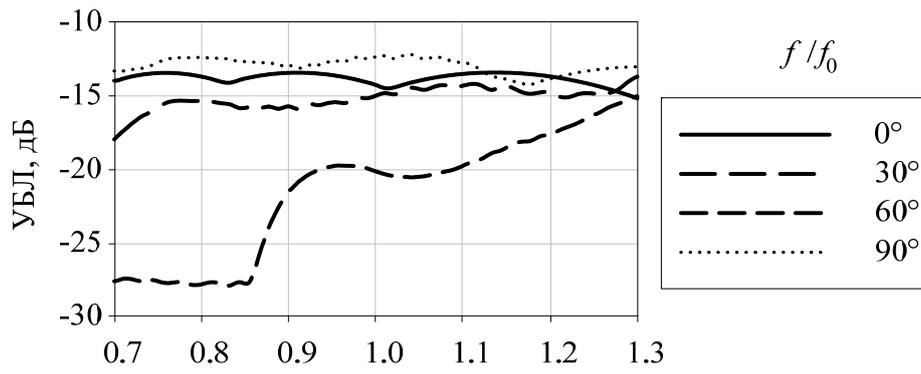


Рис. 10. зависимость УБЛ от нормированной частоты гексагональной АР 8×8, составленной из описанных излучателей, для разных сечений ДН (углы указаны относительно плоскости Н)

СТРОИТЕЛЬСТВО – ФОРМИРОВАНИЕ СРЕДЫ ДЛЯ ЖИЗНИ

Инженерные системы зданий и сооружений

УДК 628.337.54

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРООБРАБОТКИ ХРОМСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД

А.Г. Бобрик

Научный руководитель Т.И. Халтурина
Сибирский федеральный университет

Для обезвреживания хромсодержащих стоков применяются следующие методы очистки: реагентный, электрохимический, ионообменный. В настоящее время на большинстве предприятий отечественной промышленности, имеющих локальные очистные сооружения для очистки хромсодержащих стоков, используют реагентную обработку. При этом образуются большие объемы осадка, увеличивается общее солесодержание, и вода без дополнительной ступени очистки не может быть использована в обороте.

Как известно электрокоагуляционный способ обезвреживания хромсодержащих сточных вод имеет неоспоримые преимущества перед химической обработкой реагентами. К недостаткам электрохимической коагуляции следует отнести значительный расход электроэнергии (5-8 кВтч/м³) и металла анода. Эти расходы связаны в основном с недостаточной степенью изученности влияния различных факторов на процесс электрокоагуляционной очистки.

В связи с этим целью исследования явилось изучение влияния физико-химических, электрических, гидродинамических факторов на процесс очистки стоков, содержащих ионы шестивалентного хрома, определение основных параметров процесса, выявление условий проведения его с минимальными затратами электроэнергии и металла.

Для изучения взаимосвязи основных параметров был проведен пятифакторный эксперимент по рототабельному плану Бокса-Хантера. По данным эксперимента получены уравнения регрессии:

$$\hat{Y}_1 = 0,709 + 10,85X_1 - 11,72X_2 - 3,82X_3 + 1,3X_4 - 10,73X_1X_2 - 5,18X_1X_3 + 0,89X_1X_4 + 5,68X_2X_3 - 0,72X_3X_4 + 4,42X_4X_5 + 3,61X_1^2 + 4,66X_2^2 + 5,57X_3^2 - 0,42X_5^2, \quad (1)$$

$$\hat{Y}_2 = 7,54 + 3,2X_2 + 4,28X_3 + 2,02X_4 - 1,38X_5 + 1,48X_2X_3 + 1,3X_3X_4 + 0,78X_1^2 + 0,41X_3^2 - 0,83X_4^2 - 0,3X_5^2, \quad (2)$$

$$\hat{Y}_3 = 0,31 + 0,091X_2 + 0,072X_3 - 0,03X_4 + 0,025X_1X_3 + 0,025X_2X_3 - 0,56X_2X_4 - 0,027X_3X_4 + 0,025X_3X_5 + 0,03X_1^2 - 0,014X_2^2 - 0,025X_3^2 - 0,016X_4^2, \quad (3)$$

где: X_1 – исходная концентрация Cr^{6+} в стоках, мг/дм³; X_2 – время контакта, мин; X_3 – плотность тока, А/дм²; X_4 – pH стока; X_5 – доза NaCl, мг/дм³, Y_1 – остаточная концентрация Cr^{6+} , мг/дм³; Y_2 – расход электроэнергии кВтч/м³; Y_3 – расход металла, г/м³.

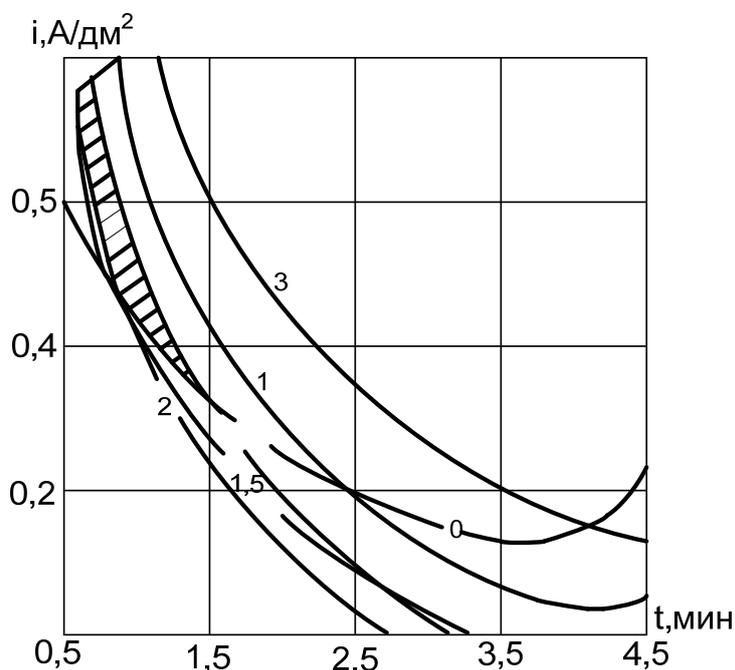


Рис. 1, а. Регулировочная диаграмма: $C_{исх} Cr^{6+} = 35$ мг/дм³; $C_{NaCl} = 70$ мг/дм³; pH = 1,5, — — остаточная концентрация, мг/дм³; - - - - объем осадка, %

По уравнениям регрессии проведена оптимизация по методу Вознесенского и построены регулировочные диаграммы (рис. 1, а; 1, б; 1, в)

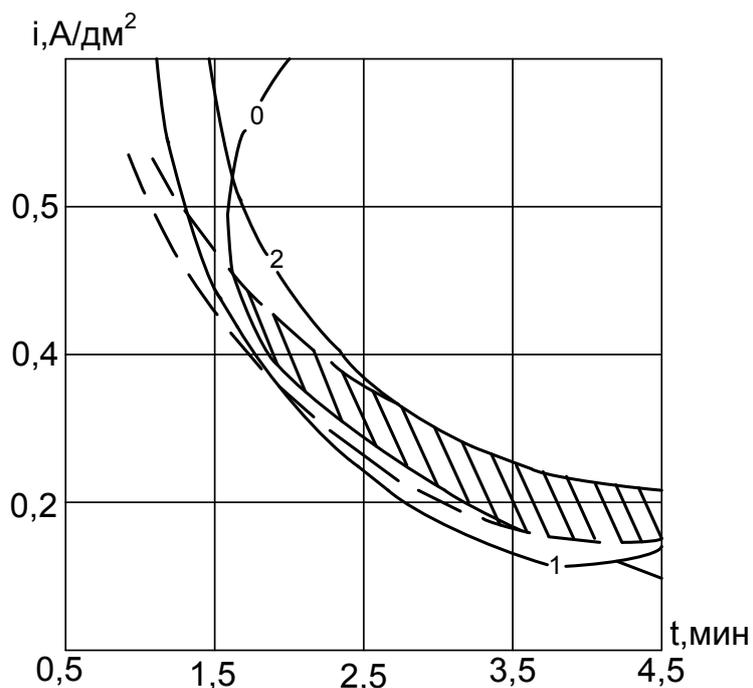


Рис. 1, б. Регулировочная диаграмма: $C^{исх} C_{2^{6+}} = 65 \text{ мг/дм}^3$; $C_{NaCl} = 70 \text{ мг/дм}^3$; $pH = 1,5$ — — остаточная концентрация, мг/дм^3 ; - - - - объем осадка, %

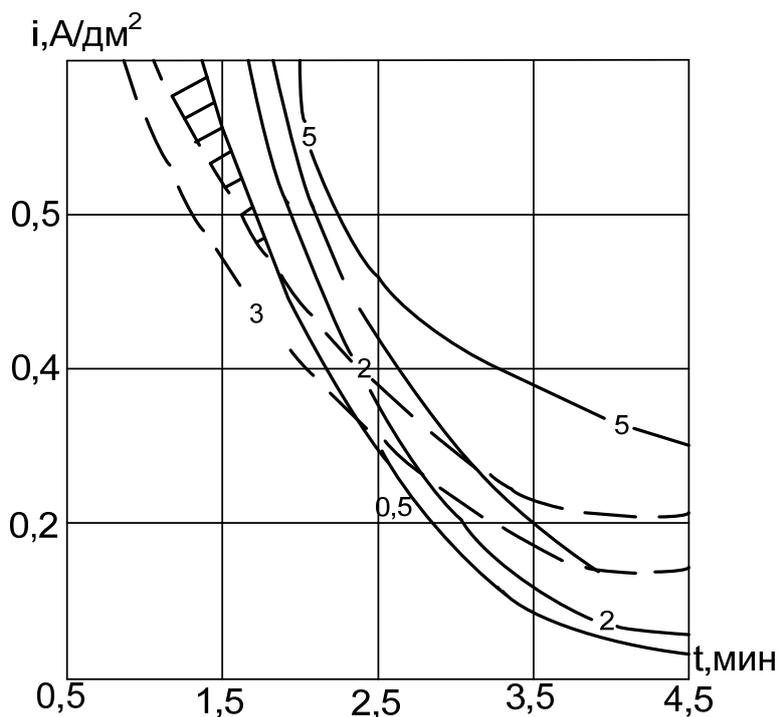


Рис. 1, в. Регулировочная диаграмма: $C^{исх} C_{2^{6+}} = 95 \text{ мг/дм}^3$; $C_{NaCl} = 70 \text{ мг/дм}^3$; $pH = 1,5$ — — остаточная концентрация, мг/дм^3 ; - - - - объем осадка, %

Установлено, что обезвреживание сточных вод, содержащих ионы хрома в концентрациях, не превышающих $20\text{--}30 \text{ мг/дм}^3$ следует проводить

при $i = 0,5 - 0,6 \text{ А/дм}^2$, и времени контакта до 30 с. удельный расход электроэнергии при этом составляет $1,0 - 1,6 \text{ Втч/м}^3$.

Очистку стоков, содержащих ионы хрома с концентрацией $40-120 \text{ мг/дм}^3$ рекомендуется проводить при низких плотностях тока – $0,1 \text{ А/дм}^2$ и времени контакта 4–5 мин.

Снижение расхода электроэнергии при оптимальных решениях связано с возрастанием в одном случае роли катодного процесса. Увеличение восстановления Cr^{3+} на катоде позволяет снизить расход металла на 30–40 %.

По результатам исследований разработана технологическая схема очистных сооружений для сточных вод, содержащих шестивалентный хром.

УДК: 625.084/085

МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА УПЛОТНЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ ДОРОЖНЫМ КАТКОМ С ОСЦИЛЛЯЦИЕЙ

О.А. Клиндух

Научный руководитель А.П. Прокопьев

Сибирский федеральный университет

Вибрационное уплотнение дорожных покрытий получило значительное распространение за счет доказанных наукой и практикой преимуществ по сравнению с методом статического уплотнения.

При строительстве автомобильных дорог, сооружений, мостов, возникают проблемы использования вибрационного уплотнения дорожно-строительных материалов.

Эффективным методом уплотнения при сложных ситуациях дорожного строительства является пониженная температура асфальтобетонной смеси; уплотнение стыка холодного и горячего слоя; строительство моста, многоуровневой автостоянки или на других объектах с чувствительным диапазоном является *осцилляцией*. Использование дорожных катков с осцилляцией позволило расширить температурный диапазон асфальтобетонных смесей до 20 %.

Дорожные катки с осциллирующим вальцем (вальцами) являются высоко-производительными машинами. Рабочий процесс такого катка сопровождается очень малыми сотрясениями грунта, что благоприятно сказывается на состоянии окружающей среды и расположенных рядом соору-

жений. Уменьшается требуемое число проходов по сравнению с вибрационными катками. Уплотнение при использовании осцилляции увеличивается, обратное ослабление структуры (релаксация) материала не появляется. Улучшается структура покрытия уплотненного катком с осцилляцией слоя.

Примером внедрения передовых решений в конструкциях дорожных катков с осцилляцией является деятельность фирмы НАММ. Осциллирующий валец оборудован двумя синхронно вращающимися, эксцентрическими валами с дебалансами. При этом дебалансы обоих валов расположены друг против друга и вызывают быстро меняющиеся друг друга вращательные перемещения вперед и назад. За счет этого осциллирующий валец, в отличие от вибровальца, не отрывается от поверхности покрытия, всегда находясь с ней в контакте.

При уплотнении дорожно-строительных материалов осцилляцией тангенциальные силы передаются в материал при вращательном движении вальца как в направлении вперед, так и в направлении назад. Это колебание ускоряет нарастание уплотнения материала. По сравнению с осцилляцией, валец с вибрацией совершает только одно движение вверх-вниз и груз дебаланса при каждом обороте лишь один раз с вынуждающей силой воздействует на материал.

Важной особенностью применения осцилляции является увеличение уплотнения за счет того, что собственная масса катка действует на материал в течение всего времени укатки. Уплотняющий эффект осцилляции основан на рационально согласованных друг с другом амплитуде и частоте.

Основным преимуществом метода осцилляции при уплотнении покрытий является саморегулирование амплитуды. При увеличении жесткости покрытия амплитуда автоматически уменьшается. Она изменяется не инерционным механизмом регулирования, а самим уплотняемым материалом.

Время, в течение которого система должна отреагировать на изменения этой саморегулирующейся системы меньше 10 мс. Для сравнения в случае системы с механическим регулированием время реакции составляет 500 мс.

Уплотняемая среда – асфальтобетонная смесь характеризуется существенной нелинейностью из-за непрерывного изменения характеристик при деформации нелинейной упруговязкопластической среды, изменения температуры уплотняемого слоя во времени, процесса релаксации напряжений, температурной сегрегации и других факторов, что требует постоянного внимания со стороны оператора за управлением режимами работы вибрационного катка.

Динамическое уплотнение швов «горячие к холоду» с осцилляцией предотвращает разрушение асфальтобетона на холодной стороне. При

этом вибрационные катки не применяются, а статические – имеют меньшую производительность.

Осцилляция при уплотнении асфальтобетона.

Осцилляция пригодна для уплотнения асфальтобетонных слоев любого типа. Особенно на тонких асфальтобетонных слоях, при трудно уплотняемых или уже сильно охлажденных материалах тандемные катки с осцилляцией имеют заметное преимущество по сравнению с катками с другими системами уплотнения. Многие дорожно-строительные работы, для которых раньше использовались пневмо- или статические катки, могут быть эффективно выполнены катками с осцилляцией. На чувствительных к колебаниям мостах или вблизи зданий, где до сих пор уплотнение могло производиться только статически, уплотнение катками с осцилляцией возможно при полной динамической мощности без повреждения расположенных вблизи чувствительных структур.

Расширенный температурный диапазон применения осцилляции при уплотнении асфальтобетонной смеси по сравнению представлен в таблице ниже.

Вид материала	Осцилляция	Вибрация
Асфальтобетонная смесь	140 – 80 °С	140 – 100 °С

Цель работы: разработка имитационной модели процесса уплотнения конструктивных слоев дорожных одежд нежесткого типа катком с осцилляцией.

Основная задача исследования состоит в построении математической модели процесса уплотнения асфальтобетонной смеси дорожным катком. Развитие напряженно-деформированного состояния асфальтобетонной смеси при уплотнении во времени можно рассматривать методами реологии, которая изучает поведение под нагрузкой влажных материалов, которые нельзя отнести ни к твердому телу, ни к жидкости.

Одним из эффективных методов физических исследований является метод аналогий. Сущность этого метода заключается в том, что некоторым параметрам реальной физической системы сопоставляются параметры вспомогательной физической системы (модели). Применительно к уплотнению асфальтобетонных смесей реологические модели нашли применение в работах Н.Я. Хархута, Л.И. Линейцевой, А.П. Баховчук, Э.А. Карагезяна, В.Б. Пермякова и др. Разработка математической модели выполняется на основе реологических моделей: Ньютона; Гука; Сен-Венана.

В данной работе рассматривается колебательная система «осцилляционный валец – асфальтобетонная смесь», описывается процесс взаимодействия вальца с уплотняемой смесью (с учетом постоянно изменяющихся свойств последней) с целью дальнейшего обоснования рациональных

параметров дорожных катков, обеспечивающих эффективное уплотнение асфальтобетонной смеси.

УДК 624.537.8

РАДИАТОРЫ ОТОПИТЕЛЬНЫЕ СТАЛЬНЫЕ, ЛИТИЕВО-БРОМИДНЫЕ ВАКУУМНЫЕ СУПЕРПРОВОДЯЩИЕ

Д.А. Кутергина

Научный руководитель Р.Т. Емельянов

Сибирский федеральный университет

Литиево-бромидные радиаторы предназначены для применения в качестве отопительных приборов в системах водяного отопления жилых и общественных зданий. Радиаторы могут использоваться как для автономных систем отопления, так и для систем центрального отопления, в том числе многоэтажных высотных зданий. Радиаторы допускается применять в насосных, элеваторных и гравитационных системах отопления с одно- или двухтрубной разводкой, а также в лучевых системах. Высокая теплоотдача секций дает возможность использовать радиатор в низкотемпературных системах отопления. Малая инерционность радиаторов обеспечивает эффективное терморегулирование с гарантией максимальной комфортности. В качестве теплоносителя могут использоваться незамерзающие жидкости, рН которых не превышает 9.

Радиатор состоит из отдельных вакуумных секций, каждая из которых наполнена литиево-бромидной жидкостью (рис. 1.) В основании радиатора находится труба 1, по которой происходит подача воды. Литиево-бромидная жидкость превращается в пар при температуре 35°C и выше. Пар мгновенно поднимается к вершине каждой вакуумной секции, отдавая тепло, и моментально передает высокую температуру от основания до вершины, нагревая тем самым весь радиатор.

Секции радиатора выполнены из углеродистой стали и заполнены литиево-бромидной жидкостью, находящейся под низким давлением. Горячая вода, поступающая в трубу, расположенную в основании радиатора, проводит в него тепло, которое затем с большой скоростью распространяется по всему радиатору литиево-бромидной жидкостью. Уникальная по своим свойствам литиево-бромидная жидкость переходит в парообразное состояние уже при температуре в 35 °С, значительно увеличивая скорость нагревания и эффективность теплоотдачи радиаторов в сравнении с изде-

лиями на водяной основе. Схема теплопередачи в литиево-бромидном радиаторе приведена на рис. 2.

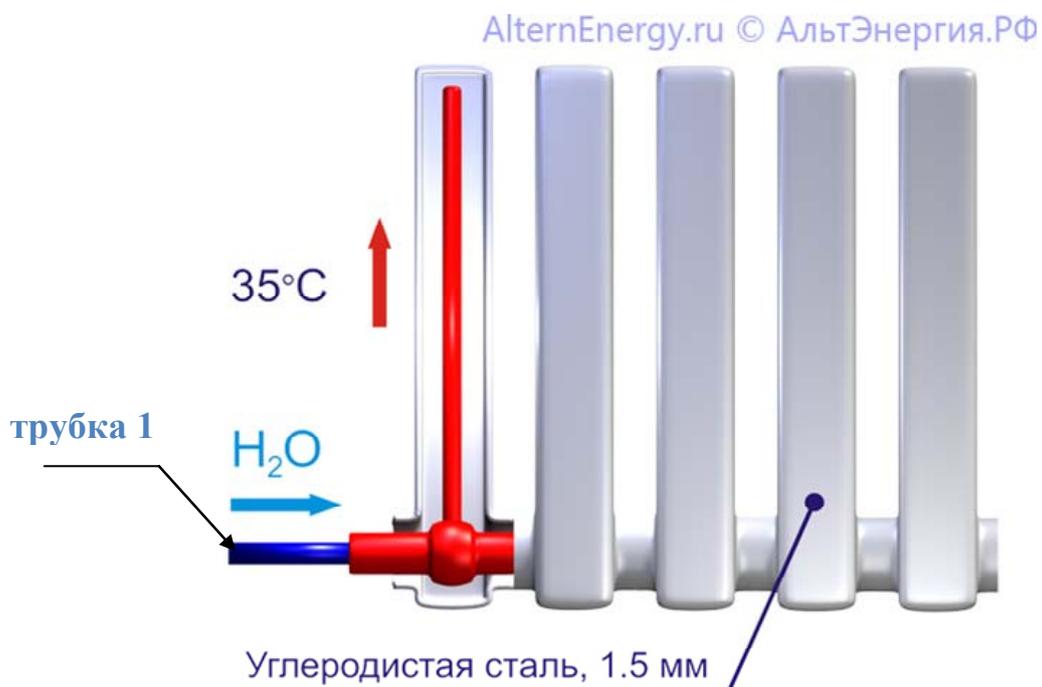
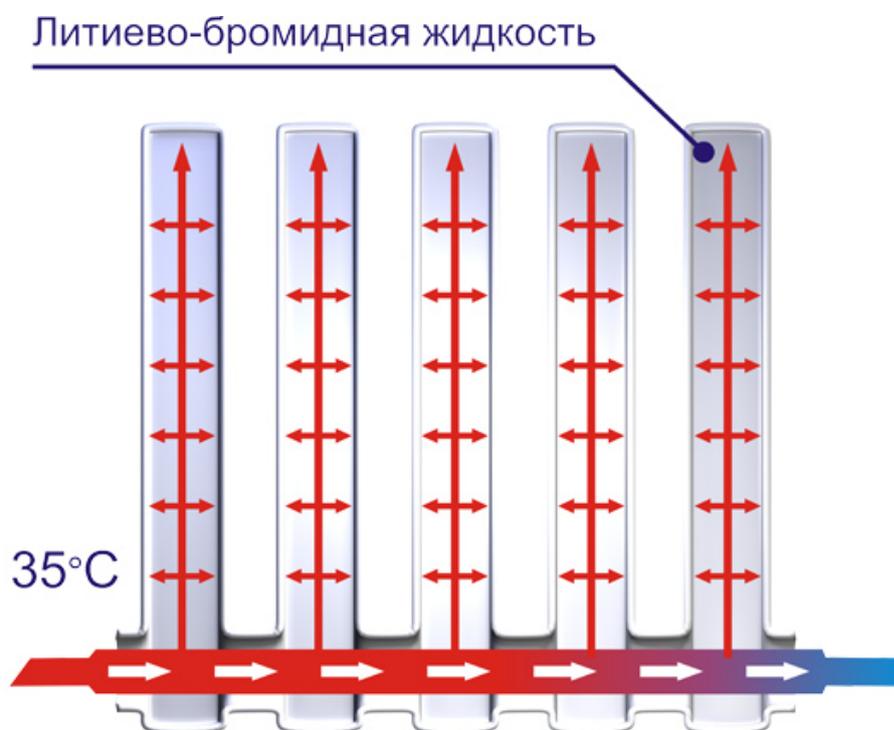


Рис. 1. Литиево-бромидные радиаторы



AlternEnergy.ru © АльтЭнергия.РФ

Рис. 2. Схема теплопередачи в литиево-бромидном радиаторе

Основные преимущества использования литиево-бромидных радиаторов:

- возможность отопления от широкого спектра источников теплоснабжения;
- объём водоснабжения и давление в системе, необходимые для эффективного отопления помещений, значительно ниже, чем в изделиях на водяной основе;
- низкие теплотери при высокой скорости нагрева и распространения тепла в радиаторе обеспечивают повышенную эффективность и экономичность отопления;
- пониженная аварийность и высокая отказоустойчивость систем отопления с литиево-бромидными радиаторами, меньшая нагрузка на систему при циркуляции воды;
- возможность отказаться от использования в системе водяных насосов повышенной мощности и снизить общее энергопотребление системы отопления;
- повышенная эффективность использования в альтернативных системах.

УДК 621.643:535.24

ПУСКОВОЙ РЕЖИМ РАБОТЫ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ В УСЛОВИЯХ СУРОВОГО КЛИМАТА РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

В.И. Павлова

Научный руководитель В.И. Карпов

Сибирский Федеральный университет

Актуальность. Республика Саха-Якутия расположена на Востоке Сибирской платформы и характеризуется суровыми климатическими условиями (большая часть территории находится в зоне многолетнемерзлых грунтов, температура наружного воздуха в районе Верхоянска и Оймякона в зимнее время опускается до -70°C). В то же время на территории Республики расположено много горнодобывающих предприятий по разработке залежей алмазов, золота, газа. Эксплуатация различного оборудования подобных предприятий значительно осложнена в зимнее время в силу экстремальных значений ряда показателей климата. Наиболее этому подвержены инженерные сети водоотводящих систем, принадлежащим гражданским и промышленным объектам. При этом сети водоотведения зачастую

работают в периодическом режиме с переменным расходом жидкости, вплоть до полного обнуления расхода.

Возможность переохлаждения транспортируемой жидкости и ее замерзание представляют те причины, которые значительно осложняют прокладку инженерных коммуникаций в среде с отрицательной температурой. При этом наиболее опасным является пусковой режим работы самотечных сетей, что связано с интенсивным теплообменом первых порций сточной жидкости со стенками труб, охлажденных до температуры окружающего мерзлого грунта.

Для обеспечения бесперебойной и надежной работы мелкоуложенных трубопроводов в пусковой период необходимо не только знать характер нестационарного теплообмена между потоком и стенками труб, но и прогнозировать изменение температуры первой порции жидкости по длине рассматриваемого участка, а также производить теплогидравлическое регулирование потока, обеспечивающее наличие положительной температуры жидкости на заданной длине сети. В соответствии с этими условиями были проведены исследования пускового режима работы водоотводящих сетей, прокладываемых в слое сезонного промерзания грунта.

Предварительное теоретическое исследование указанной проблемы позволяет отметить следующие результаты:

1. Дана классификация нестационарных тепловых режимов работы трубопроводов, позволяющая производить расчет и выбор определенных инженерных мероприятий для пускового режима водоотводящей сети. Получены критерии оценки времени действия каждого режима.

2. Найдены аналитические зависимости нестационарных конвективных коэффициентов теплообмена между головным участком водного потока и стенками труб. Установлено, что нестационарные коэффициенты, во-первых, намного меньше своих стационарных значений, во-вторых, существенно зависят от теплофизических характеристик твердой поверхности.

3. Изучено влияние на теплообмен процесса ледообразования в зоне контакта жидкости со стенкой трубы. Получена зависимость для расчета удельной мощности поверхностного источника скрытого тепла. Показано, что в металлических трубопроводах теплота фазового перехода не играет существенной роли в уменьшении пусковых потерь тепла.

4. Определены коэффициенты нестационарного теплообмена между водной поверхностью и воздушной прослойкой в безнапорном трубопроводе. Проведен анализ таких составляющих поверхностного теплового потока как излучение, молекулярная теплопроводность воздуха, скрытая теплота испарения диффундирующих молекул воды.

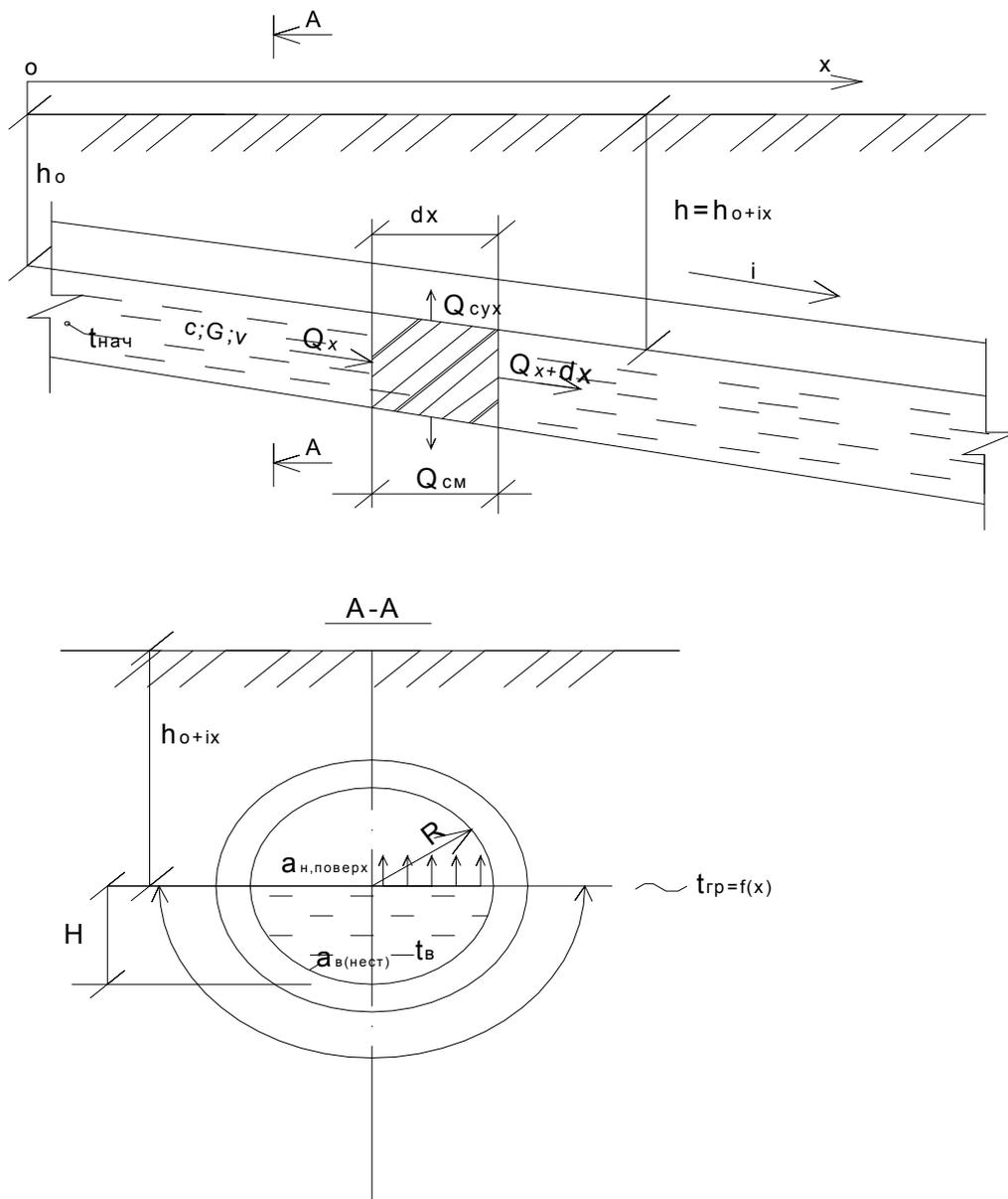


Рис. 1. Расчетная схема определения температуры водного потока по длине самотечной сети:

$a_{в,нест}$ – нестационарный внутренний коэффициент теплообмена;
 $a_{н,поверх}$ – нестационарный внешний коэффициент теплообмена;
 c, G, v – соответственно теплоемкость, расход, скорость потока

5. На основе решения дифференциального уравнения энергии неизо- термического потока жидкости, протекающей по трубопроводу с переменной глубиной заложения, предложены инженерные методы расчета изменения температуры сточной жидкости по длине сети с учетом заданного гидравлического уклона и изменяющейся температуры грунта по ходу движения стоков:

$$\theta_B = \left\{ + \frac{p \cdot e^{-h_0 a}}{\eta^2 + m^2} [m \cdot e^{-\eta x} \cdot \sin(mx - \mu) - \eta e^{-\eta x} \cos(mx - \mu) + (\eta \cos + m \sin \mu)] \right\} e^{-Bx},$$

где $\theta_B = \theta_{\text{нач}} = t_{\text{нач}} - t_{\text{ср}}^{\Gamma}$,

$$a = \sqrt{\frac{\pi}{a^* \cdot T}}; \quad \eta = ia - B; \quad \mu = 2\pi \frac{\tau}{T} - (h_0 + ix) \sqrt{\frac{\pi}{T}}; \quad m = i \sqrt{\frac{\pi}{a^* \cdot T}};$$

$$B = \frac{\alpha_b \cdot \varphi_0 \cdot R}{c \cdot G}; \quad p = \frac{\alpha_b \cdot \varphi_0 \cdot R \cdot A}{c \cdot G},$$

где i – гидравлический уклон; a^* – эффективный коэффициент теплопроводности грунта с учетом фазовых переходов в деятельном слое; φ_0 – угол смоченного периметра; R – внутренний радиус трубы; α_b – нестационарный коэффициент теплообмена; c, G – соответственно теплоемкость и расход теплоносителя; h_0 – начальная глубина заложения трубопровода; x – текущая координата; $t_{\text{нач}}$ – начальная температура потока; $t_{\text{ср}}^{\Gamma}$ – среднегодовая температура поверхности грунта

С целью облегчения теплогидравлических расчетов зимнего пускового режима сети составлены расчетные таблицы, графики и программы для ЭВМ. При использовании основных положений разработанных рекомендаций можно значительно уменьшить глубину заложения подземных трубопроводов (на начальных участках трассы до 0,5-0,7 м до верха трубы), что дает существенный экономический эффект.

УДК 574.24

ПРИМЕНЕНИЕ РАМ-ФЛУОРИМЕТРИИ ДЛЯ АНАЛИЗА ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПЫРЕЯ, РАСТУЩЕГО В ПРИСУТСТВИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Н.В. Перчиц, Я.Н. Шпагина

Научные руководители В.В. Заворуев, Е.Н. Заворуева

Сибирский федеральный университет

РАМ-флуориметры – это измерительные оптические приборы, действие которых основано на принципе пульс-амплитудной модуляции (Pulse Amplitude Modulation). Данные флуориметры стали общепринятым мировым

стандартом в научных и прикладных исследованиях процессов фотосинтеза. Эти приборы производства немецкой компании Heinz Walz GmbH внесли существенный вклад в изучение фотосинтетических процессов на фотосинтезирующих объектах различного систематического положения [1].



Рис. 1. Внешний вид JUNIOR-PAM флуориметра

Флуориметр JUNIOR-PAM (рис. 1) является прибором начального уровня, который позволяет осуществлять широкий спектр экспериментальных исследований. Его основной особенностью является простота использования. Флуориметр JUNIOR-PAM получает электропитание от компьютера через кабель типа USB. Все оптические и электронные компоненты прибора размещены внутри компактного базового блока (размеры 11,5×6,5×3,0 см). Получение сигнала от образца происходит с помощью оптоволоконного кабеля диаметром 1,5 мм и длиной 0,4 м. В связи с этим у исследователя имеется возможность проводить измерения в сложных полевых условиях.

В этой работе представлены результаты изучения влияния тяжелых металлов, в том числе марганца, на пырей ползучий – траву, являющуюся кормом для пастбищных животных. Актуальность такой работы продиктована тем, что кемеровское ЧЕКСУ намерено построить в Шуваемском районе (Красноярский край) завод по производству ферросплавов. Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ неизбежно приведут к загрязнению почвы. В условиях техногенного загрязнения тяжелыми металлами экологический фактор формирования элементного состава растений становится ведущим [2]. Пырей ползучий накапливает металлы в листья и корневую систему [3, 4]. Это может вызывать нарушение биосинтеза пигментов в листьях травы и привести к структурным изменениям в фотосинтетическом аппарате растений.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являлись листья пырея ползучего (*Elytrigia repens*). Растения выращивали в лабораторных условиях при освещении 5000 люкс лампами OSRAM L36W/765.

Флуоресцентные параметры получали с помощью прибора JUNIOR-RAM в соответствии с инструкцией, прилагаемой к прибору и рекомендациями работы [5]. Для каждого листа проводили три замера: в нижней, средней и верхней части.

Действие тяжелых металлов изучалось на примере кобальта, цинка, меди, а так же марганца. Для этого готовились соответствующие растворы, в которых концентрация ионов металлов составляла 10 ПДК для почв. Изготовленными растворами обильно поливалась почва, на которой росла трава.

Результаты и их обсуждение

На протяжении четырех дней после внесения в почву металлов проводились измерения флуоресцентных параметров листьев пырея. Некоторые результаты представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1. Изменение скорости транспорта электронов (ЕТК, $\mu\text{моль}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$) в тилакоидах хлоропластов пырея в зависимости от времени воздействия ионов тяжелых металлов в концентрации 10 ПДК_{почва}

	1 ч	24 ч	48 ч	72 ч	96 ч
Контроль	14,4±1,7	14,8±1,7	16,1±4,4	20,4±2,0	15,9±1,8
Кобальт	13,3±0,6	19,5±1,7	18,3±4,3	18,3±1,3	17,8±4,3
Марганец	13,6±3,0	19,9±1,8	12,8±6,9	11,6±7,9	4,8±4,4
Цинк	16,0±7,2	25,0±1,6	23,0±4,5	23,4±3,0	24,6±2,3
Медь	20,3±5,6	27,7±3,0	22,2±3,0	23,3±3,9	31,7±4,8

Таблица 2. Изменение доли световой энергии, используемой комплексами ФС II в процессе электронного транспорта ($Y(II)$) в хлоропластах пырея, в зависимости от времени воздействия ионов тяжелых металлов в концентрации 10 ПДК_{почва}

	1 ч	24 ч	48 ч	72 ч	96 ч
Контроль	0,19±0,02	0,19±0,02	0,20±0,05	0,26±0,02	0,20±0,02
Кобальт	0,17±0,01	0,24±0,02	0,23±0,05	0,23±0,02	0,22±0,05
Марганец	0,17±0,01	0,25±0,02	0,16±0,09	0,15±0,10	0,06±0,06
Цинк	0,20±0,09	0,31±0,02	0,29±0,06	0,29±0,04	0,31±0,03
Медь	0,25±0,02	0,35±0,04	0,28±0,04	0,29±0,05	0,40±0,06

Из представленных данных видно, что за период исследования ионы кобальта не повлияли на скорость транспорта электронов и квантовый выход флуоресценции – $Y(II)$. Ионы цинка и меди вызвали увеличения пото-

ка электронов в тилакоидах хлоропластов. Эти же металлы увеличили величину $Y(II)$.

Ингибирующее действие на фотосинтетический процесс оказали ионы марганца (табл. 1 и 2).

За четыре дня верхняя часть листьев, растущих в присутствии ионов марганца, высохла (рис. 2). Уже на третьи сутки флуоресцентные сигналы низкой интенсивности регистрировались только в средней и нижней частях листа пырея.



Рис. 2. Фотография контрольного растения (слева) и травы, растущей в течение четырех дней в присутствии марганца (справа)

Увядание пырея обусловлено резким падением скорости потока электронов в хлоропластах (рис. 3).

Необходимо отметить, что действие ионов цинка и меди не повлияло на морфологию стеблей и листьев пырея. Опытные образцы не отличались от контрольных растений.

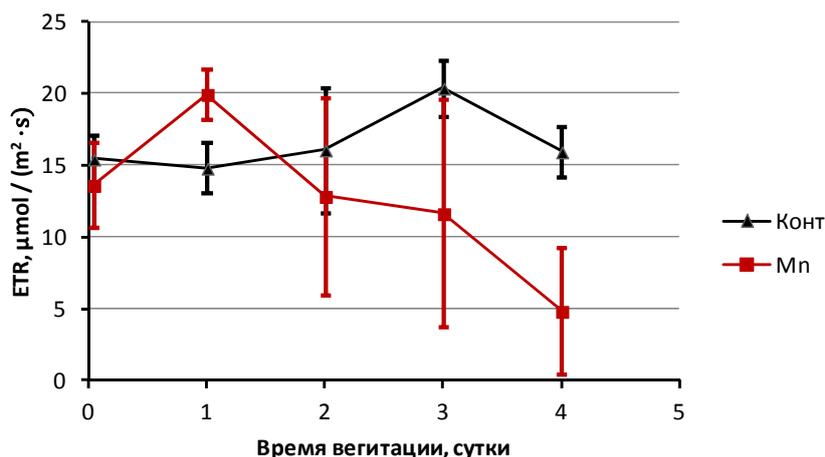


Рис. 3. Динамика изменения скорости потока электронов в контрольных растениях и растениях, обработанных ионами марганца

Из литературных данных известно, что пырей, растущий на загрязненных почвах, накапливает в листьях тяжелые металлы в концентрациях, превышающих ПДК. Естественно, что такая трава не может быть использована для корма сельскохозяйственных животных. В случае загрязнения почвы ионами марганца ситуация усугубляется тем, что трава не будет расти.

Таким образом, среди исследованных тяжелых металлов наиболее негативным действием на пырей характеризуется марганец. За четыре дня воздействия этого металла происходит необратимое высыхание кончиков листьев пырея, а фотосинтетические процессы, регистрируемые РАМ флуориметром, практически прекращаются.

Данный факт свидетельствует о том, что функционирование завода ферросплавов может привести к потере пастбищных угодий и, следовательно, к утрате сельскохозяйственного потенциала Шуваевского района.

Список литературы

1. <http://www.lab-instruments.ru/photosynthesis/pam-fluorometers/>
2. Позняк С.С. Содержание некоторых тяжелых металлов в растительности полевых и луговых агрофитоценозов в условиях техногенного загрязнения почвенного покрова // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2011. – № 1. – С. 123-137.
3. Васильева Т.Н., Брудастов Ю.А. Загрязнение металлами почв города Оренбурга: Общие параметры взаимосвязи с фитоаккумуляцией металлов представителями синантропной флоры // Вестник Оренбургского государственного университета. 2007. – № 12. – С. 83-86.
4. Валова Е.Э., Цыбенков Ю.Б. Тяжелые металлы в почвенно-растительном покрове г. Улан-Удэ // Вестник Бурятского государственного университета. 2011. – № 4. – С. 200-203.

5. Roháček K., Barták M. Technique of the Modulated Chlorophyll Fluorescence: Basic Concepts, Useful Parameters, and Some Applications // *Photosynthetica*. 1999. – V. 37. – P. 339-363.

УДК 624. 942. 5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ GPS НАВИГАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

И.А. Рудкова, Д.И. Юхнина
Научный руководитель Е.С. Турышева
Сибирский федеральный университет

Из-за постоянно возрастающих требований к качеству строительной продукции появляется необходимость в повышении общего технического уровня работ, выполняемых строительными организациями. Особое место при выполнении строительных работ занимают земляные работы. Точность выполнения земляных работ имеет большое значение. Особенно это актуально во время строительства путепроводов, дорог и аэродромов. Именно они определяют качественный уровень выполнения строительных работ.

В последнее время, выпуская GPS приемники для строительной отрасли и для проведения геодезических измерений, производители интегрируют в них большое количество дополнительных приборов, чем превращают обыкновенный приемник в целый мобильный комплекс, способный решать огромное количество поставленных перед ним задач. Так, интеграция в приемник тахеометра позволяет этим же прибором определить размер вертикального или горизонтального угла, построить горизонт или отвес и т. д.

Сегодня использование систем автоматизированного управления на базе GPS навигаторов завоевывает все большую популярность среди строителей. Эти системы позволяют сократить финансовые затраты и время выполняемых работ. Применение системы автоматического управления на базе GPS навигаторов позволяет добиться значительной экономии асфальта. Это связано с сокращением расхода асфальта на засыпание неровностей земляного полотна. Оказывается дешевле правильно сформировать основание, чем потом исправлять недостатки за счет асфальта. Помимо экономии асфальта можно значительно сократить затраты на проведение геодезических работ.

После установки на бульдозер или автогрейдер трехмерной системы нивелирования отпадает необходимость в проведении разбивки, и совер-

шенно не нужно проводить контроль полотна после каждого прохода автогрейдера (рис.).



Рис. Бульдозер с трехмерной системой нивелирования

Машинист бульдозера или автогрейдера самостоятельно контролирует правильность выполнения работ при помощи установленных приборов. Система нивелирования для бульдозеров включает в себя, как правило, два GPS навигатора и позволяет контролировать поперечный и продольный уклон отвала.

Система автоматического управления позволяет выполнять проекты, созданные в электронном виде. В панели управления производятся вычисления для точного позиционирования режущей кромки машины на основании данных положения бульдозера, которые поступают от системы позиционирования. Это позволяет производить работы с высокой точностью: 1 см в плане, 3 см по высоте. Возможности системы автоматического управления с применением GPS навигаторов позволяют проводить работы в любых погодных условиях и даже в темное время суток, а это еще до 30 % экономии. Следовательно, появляется возможность оптимизации рабочего времени. Совершенно нет необходимости иметь автогрейдер на каждом участке выполнения работ. Скорость выполнения работ позволяет перебрасывать дорогостоящую технику с одного участка на другой. Применение системы автоматического управления позволяет:

1. Экономить строительные и горюче-смазочные материалы.
2. Сократить время и средства на выполнение геодезических работ.
3. Оптимизировать рабочее время.
4. Повысить качество выполняемых работ.

В целом применение точного спутникового позиционирования - позволяет экономить машино-часы и топливо;

- сокращает расходование материалов, минимизирует нецелевое расходование ресурсов;
- сокращает количество переделок;
- каждый оператор машины точно знает, что и как должен делать;
- оптимизирует работу геодезистов.

Использование технологии инерциальных измерений позволяет определять положение твала бульдозера в пространстве с частотой 100 раз в секунду. Это в пять раз чаще, нежели при использовании традиционных систем. Огромное количество определений дает системе возможность прогнозирования положения отвала во времени с учетом траектории движения базового трактора. В результате использования новой технологии значительно повышается ровность выравнивания, а работы выполняются в два раза быстрее, чем при использовании традиционной 3D-системы, и в несколько раз быстрее, чем при использовании бульдозера, не оснащенного системой.

Не меньшего интереса заслуживает давно и хорошо зарекомендовавшая себя (и по сей день остающаяся уникальной) технология GPS, которая позволяет совместить достоинства спутниковых технологий и миллиметровую точность получения высотной компоненты. Не случайно эта технология применяется на грейдерах, дорожных фреззах и асфальтоукладчиках – машинах, выполняющих работы с жесткими требованиями к точности формирования поверхностей.

Спутниковые сигналы с необходимыми для работы в режиме реального времени поправками передаются на компьютер PaveSmart 3D от базовой станции, которая установлена на позиции с известными координатами. Поправки обеспечивают более точную информацию о положении машины в каждый момент времени. Дальность передачи сигнала составляет до 20 км.

УДК 697

ТЕПЛОПЕРЕДАЧА ОТОПИТЕЛЬНО-ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ ПАНЕЛИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПОВЕРХНОСТНОГО ПЕРФОРИРОВАННОГО ЭЛЕКТОНАГРЕВАТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА

В.С. Соснов

Научный руководитель В.И. Карпов
Сибирский федеральный университет

В работе [1] приведен анализ проблемы обеспечения комфортного микроклимата в жилых помещениях при использовании герметичных пластиковых окон. Для решения данной проблемы там же предложено ис-

пользование отопительно-вентиляционных панелей, представляющих собой пористое ограждение с размещенными внутри последнего локальных водяных или электрических нагревательных элементов цилиндрической формы.

В представленной работе предложено новое усовершенствованное решение подобной конструкции с использованием поверхностного перфорированного элетронагревателя, выполненного на базе инфракрасных панелей, которые сейчас популярны в системах обогрева помещений. Отличительной особенностью данного плоского нагревателя является перфорация в пределах электроизоляционной части конструкции, размещенной между соседними токопроводящими лентами. На рис. 1 представлено конструктивное решение данной панели.

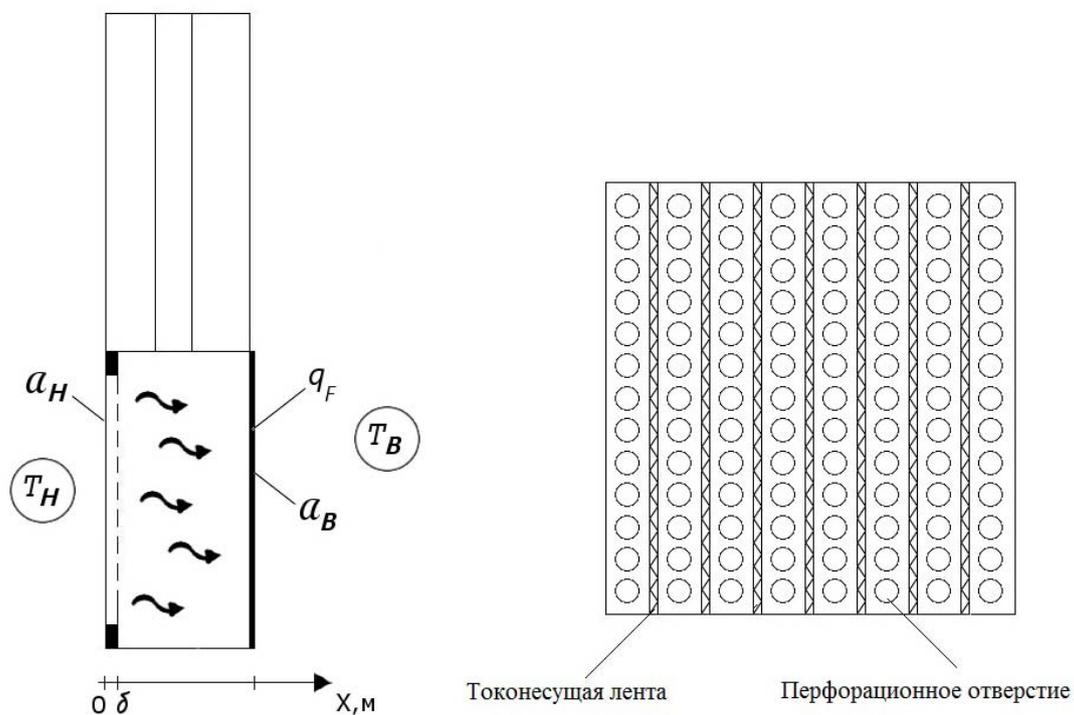


Рис. 1. Конструктивные элементы отопительно-вентиляционной панели

Таким образом, предложенная конструкция позволяет одновременно производить нагрев приточного наружного воздуха в целях эффективной вентиляции и части внутренних поверхностей ограждающих конструкций помещения, создавая при этом заданный внутренний микроклимат при минимальном расходе потребляемых энергоресурсов.

Для оптимального проектирования рассматриваемой конструкции необходимо решение теплофизической задачи, соответствующей расчетной схеме, представленной на рис. 1.

Дифференциальное уравнение теплопроводности в рассматриваемой отопительно-вентиляционной пористой панели имеет вид [2]:

$$\partial^2 T / \partial x^2 = -c_v \cdot j \cdot \partial T / \partial x \quad (1)$$

где c_v, j – соответственно теплоемкость и массовый расход фильтрующегося через панель воздуха.

Граничные условия задачи

$$\text{при } x = 0 \quad T = T_n, \quad (2)$$

$$\text{при } y = a \quad \lambda \cdot \partial T / \partial x + \alpha_6 \cdot (T_2 - T_в) = Q_f, \quad (3)$$

где α_6 – коэффициент теплообмена на внутренней поверхности панели; T_2 – пока что неизвестная температура на внутренней поверхности панели; Q_f – удельная поверхностная мощность перфорированного электронагревателя.

Смешанное граничное условие (3) позволяет определить температуру T_2 на поверхности панели, где размещен поверхностный нагреватель.

Для поиска данной температуры воспользуемся решением уравнения (1) при граничных условиях 1 рода, предполагая, что температура T_2 известна. С учетом данного допущения решение уравнения (1) имеет вид [3]:

$$T_x = T_n + (T_2 - T_n) \cdot [\exp(As \cdot x) - 1] / [\exp(As \cdot a) - 1], \quad (4)$$

где $As = c_v \cdot j / \lambda$; T_n – температура на наружной фиктивной поверхности панели, равная температуре наружного воздуха с учетом введения эквивалентного слоя пористого материала на внешней поверхности; λ – теплопроводность твердого скелета пористого материала ограждения.

Используя уравнения (3) и (4), определим температуру на внутренней поверхности панели с поверхностным электронагревателем в стационарном тепловом состоянии:

$$T_2 = (Q_f + T_n \cdot U + T_в \cdot \alpha_6) / (U + \alpha_6), \quad (5)$$

где

$$U = [\exp(As \cdot a) \cdot As \cdot \lambda] / [\exp(As \cdot a) - 1] \quad (6)$$

Далее, подставляя температуру T_2 в уравнение (4), можно рассчитать температурное поле в теле отопительно-вентиляционной панели, а также температуру фильтрующегося воздуха, поступающего в помещение и энергоэффективность предложенного решения.

Список литературы

1. Соснов В.С. Исследование и разработка энергоэффективных отопительно-вентиляционных панелей для малоэтажных зданий. В сборнике «Молодежь и наука» – тезисы докладов научно-технической конференции. Красноярск: 2011. Изд-во СФУ. – С. 101-106.
2. Богословский В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы ото-пления, вентиляции и кондиционирования воздуха). – М: Высшая школа, 1982. 145 с.

3. Ушков Ф.В. Теплопередача через ограждения при фильтрации воздуха. – М.: Стройиздат, 1969. 185 с.

УДК 628.336

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ОСАДКОВ ХРОМСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД

А.Н. Филиппова

Научные руководители Т.И. Халтурина, О.В. Чурбакова

Сибирский федеральный университет

При гальванокоагуляционной обработке хромсодержащих сточных вод с использованием гальванопары Fe-AУ (активированный уголь) образуется осадок, состоящий из оксигидратных соединений железа и хрома с адсорбированными на их поверхности частицами взвеси.

Изучение структуры осадка было выполнено с помощью рентгенофазового анализа на дифрактометре Дрон-3 (Cu-K-излучение), при условиях снятия: $I = 20$ мА, $U = 35$ кВ, шкала 1000 мм/сек, постоянная времени $R = 2,5$ с, скорость вращения диаграммной лены – 720 мм/час.

Дифрактограмма осадка представлена на рис. 1.

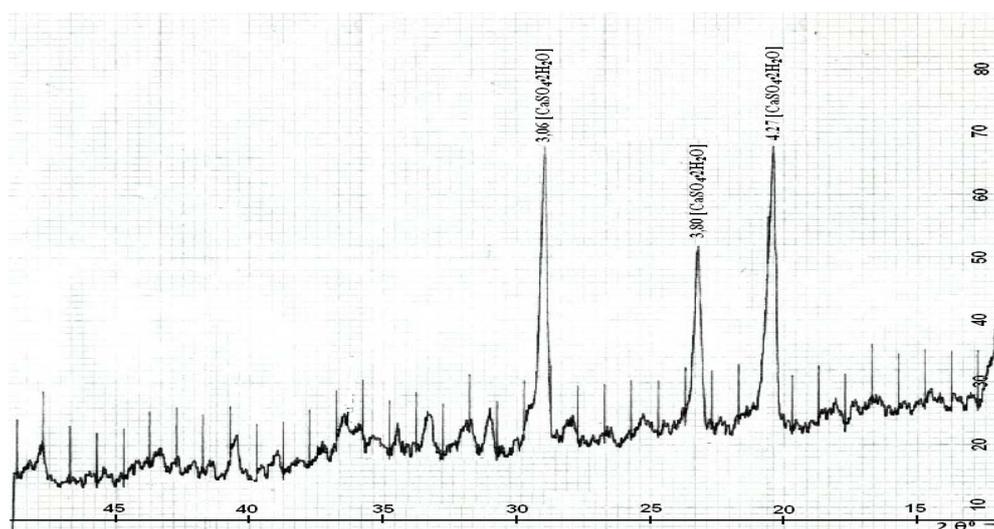


Рис. 1. Дифрактограмма осадка

На дифрактограмме осадка полученного в процессе гальванокоагуляции с использованием гальванопары Fe-AУ, наблюдаются дополнительные фазы, которые сложно идентифицировать, при этом в осадке присутствуют одновременно начальные, промежуточные и конечные формы фа-

зовых превращений гидроксосоединений железа и хрома в различных соотношениях.

Также был проведен термогравиметрический анализ осадка с использованием «Derivatograph Q-1500D», производство Венгрия, в кварцевых тиглях в режиме навеса 300 мг, скорость нагрева печи 1000/10, скорость вращения ленты $v_{л} = 2,5$ мм/мин.

Дериватограмма осадка представлена на рис.2.

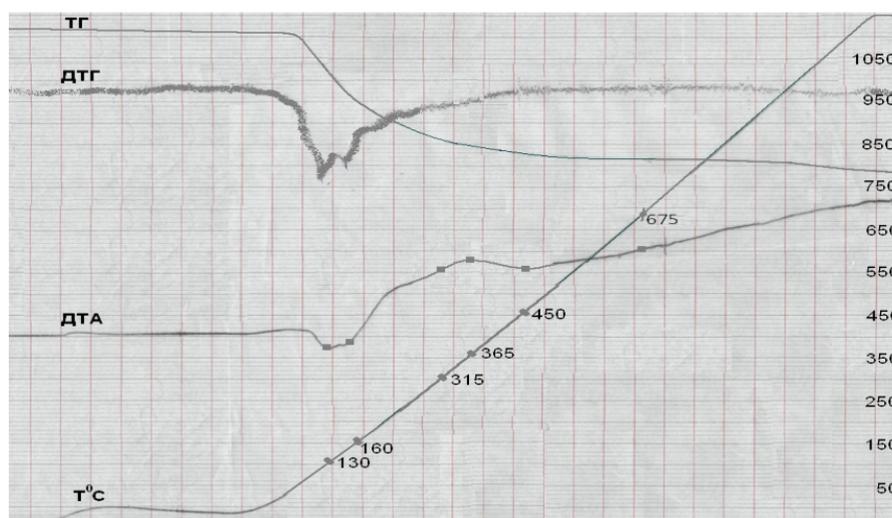


Рис. 2. Дериватограмма осадка

На дериватограмме видно, что эндоэффекты наблюдаются при $t = 130$ °С и $t = 170$ °С, что объясняется дегидротацией гипса, первый эффект связан с удалением 1,5 молекулы воды, второй – оставшейся 0,5 молекулы воды; глубокий эндоэффект при $t = 130$ °С, также указывает на наличие и адсорбированной воды; экзотермический эффект при $t = 365$ °С связан с полиморфными превращениями, экзоэффект при $t = 450$ °С свидетельствует о наличии в образце гипса (αFeOOH).

В результате исследований установлено, что наличие в осадке гидроксосоединений железа играет важную роль в процессе гальванокоагуляционной обработки хромсодержащих стоков.

В настоящей работе изучены свойства осадка после гальванокоагуляционной обработки хромсодержащих сточных вод, которые представлены в табл. 1.

Таблица 1. Свойства осадка после гальванокоагуляции

Влажность, %	Сухой остаток, г/дм ³	Прокаленный остаток, г/дм ³		П.П.Н., г/дм ³		Удельное сопротивление фильтрации, см/г
		%	800 °С	%	800 °С	
99,6	3,337	75	2,5	25	0,84	$102 \cdot 10^{10}$

Как видно из табл. 1, осадок обладает повышенными значениями влажности и удельного сопротивления фильтрации. Плохие водоотдающие свойства осадка объясняются его аморфной структурой, что было подтверждено дифрактограммой.

Результаты проведенных исследований были использованы для разработки рациональной технологии кондиционирования осадка, позволяющей обеспечить высокую эффективность процесса обезвоживания для последующей утилизации.

УДК 628.35+532.528

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

О.И. Черных, И.В. Попова
Научный руководитель О.Г. Дубровская
Сибирский федеральный университет

Целью данной работы является разработка высоко эффективной технологии обезжелезивания, основанной на эффектах гидротермодинамической кавитации либо на применении селективных сорбционных материалов, таких как фильерная загрузка. Преимуществом данных методов является отсутствие реагентной обработки, возможность компоновки локальных сооружений водоподготовки и подбор режимов работы установок в зависимости от химического состава и концентрации железа исходной воды.

В качестве экспериментальной площадки использовался верхнекачинский водозабор подземных вод поселка Емельяново, Красноярского края. Территория Емельяновского района отличается развитой гидрографической сетью. Основные реки района относятся к бассейнам р. Енисей и р. Обь. Основные притоки р. Енисей на территории района р. Бирюса, р. Кача. Основные реки бассейна Оби – Большой и Малый Кемчуг, притоки р. Чулым. Площадь земель водного фонда составляет – 7,8 тыс. га.

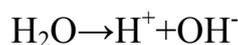
На основании отчета ГП «Красноярскгидрогеология» основными источниками водоснабжения являются подземные воды. Химический состав подземных вод Емельяновского района гидрокарбонатный кальциевый, натриевый, воды пресные, мягкие и с повышенным содержанием железа, превышение концентраций которого составляет до 9 ПДК.

К традиционным методам обезжелезивания воды относятся: окислительное обезжелезивание, аэрация, каталитическое окисление с фильтрацией, обезжелезивание мембранным и ионообменным методом, биологические обезжелезивание.

Вышеперечисленные методы не используются на данном водозаборе в связи с необходимостью построения станций водоподготовки, сооружений реагентного хозяйства, блока фильтрации, что экономически не эффективно и практически не применимо на водозаборах подземных вод с малой производительностью.

В качестве альтернативы можно рекомендовать нетрадиционные методы, такие как кавитация и обезжелезивание с помощью фильтра с фильерной загрузкой.

Гидротермодинамическая кавитация вызывает распад молекул воды с образованием сильных окислителей, таких как озон, перекись водорода, атомарный кислород.



После активации воды инициируются и интенсифицируются процессы окисления железа.

В зависимости от внешних условий, схлопывания пузырька может происходить по-разному. Наиболее достоверной является схема несимметричного схлопывания кавитационного пузырька с образованием микроструи жидкости. Микроструи, образующиеся при схлопывании пузырьков, обладают высокой скоростью, а значит и ударной силой. В водных растворах кавитация сопровождается ростом давления и температуры на границе микрополостей и жидкости при схлопывании. Так гидротермодинамическая кавитация вызывает термическое изменение жидкой среды в области схлопывания кавитационного пузырька с повышением до 2000 С° и образование ударной волны обеспечивающей механическое разрушение загрязнителей. Для подтверждения точности экспериментальных результатов для анализа исходной и обработанной воды, были использованы методики рекомендуемые ГОСТ Р51232-98, ГОСТ 4011-72. Результаты экспериментальных исследований отражены в табл. 1.

Экспериментальные данные показали, что гидротермодинамическая кавитация является более эффективным способом обезжелезивания, за счет интенсификации процессов окисления Fe^{2+} до $\text{Fe}(\text{OH})_3$, который является нерастворимым осадком, легко удаляемым последующей фильтрацией. Кавитацию можно применять при любой концентрации железа.

Таблица 1. Сравнительный анализ эффективности обезжелезивания методом фильтрации и методом гидротермодинамической кавитации

Сооружения	Концентрация железа мг/дм ³			Температура воды С°			рН		
	ДО	ПОСЛЕ	ЭФ.%	ДО	ПОСЛЕ	ЭФ.%	ДО	ПОСЛЕ	ЭФ.%
ТРАДИЦИОННАЯ СХЕМА									
Фильтр окисляющей загрузкой «BIRM»	с	2,7	1,2	55,5	10	50	8,5	6,8	80
					4	0			
Общая эффективность очистки %	61,8								
РЕКОМЕНДУЕМАЯ СХЕМА									
Кавитатор	с	2,7	0,3-0,1	93	10	93	8,5	7,2	норма
					4	93			
Фильтр загрузкой «FI-LOX»	с	0,3	0,01	96,5	10	96,5	8,5	6,8	норма
					4	96,5			
Общая эффективность очистки %	94,8								

Для подземных источников с содержанием железа от 1,5 мг/дм³ до 3 мг/дм³ альтернативой может служить технология с использованием напорных фильтров с фильтерной загрузкой. Данный загрузочный материал является отходами производств акриловых смол. Загрузка представляет собой гранулы диаметром от 0,2-1,2 мм, эффективный размер 0,48-1 мм, коэффициент однородности 1,72 и имеет следующий химический состав: цеолит, диоксид кремния, полиакрил, двуокись марганца. Данный тип загрузки обладает свойствами окисления двухвалентного железа, находящегося в ионном виде в воде с последующей сорбцией образованного железосодержащего осадка. Фильтерная загрузка обладает следующими характеристиками: температурный режим работы до 38 С°, высота слоя загрузки от 70 до 91 см, требуется только периодическая обратная промывка, кроме удаления железа происходит одновременное снижение концентрации марганца, а также мутности и цветности воды. Помимо этого на эффективность обезжелезивания не оказывают влияние такие факторы как- изменение диапазона рН среды, снижение давления в системе, а также наличие других примесей. Преимущества применения фильтра с данной загрузкой заключается в возможности использовать его не однократно, практически отсутствуют факторы снижающие эффективность обезжелезивания, повторное использование отходов акрилового производства экономически выгодно с точки зрения энергоресурсосбережения. Результаты экспериментальных исследований отражены в таблице 2

Таблица 2. Сравнительный анализ эффективности обезжелезивания методом фильтрации на фильтрах с разной загрузкой

Сооружения	Концентрация железа мг/дм ³			Температура воды мг/дм ³			рН		
	ДО	ПОСЛЕ	ЭФ.%	ДО	ПОСЛЕ	ЭФ.%	ДО	ПОСЛЕ	ЭФ.%
ТРАДИЦИОННАЯ СХЕМА									
Фильтр с окисляющей загрузкой «BIRM»	2,7	1,2	55,5	10		50	8,5	6,8	80
				4		0			
Фильтр с загрузкой «GREENSAND»	2,7	0,9	67	10		50	8,5	8,2	4
				4		0			
Общая эффективность очистки %	36,5								
РЕКОМЕНДУЕМАЯ СХЕМА									
Фильтр с фильерной загрузкой	2,7	0,3	89	10		89	8,5	7	норма
				4		89			
Общая эффективность очистки %	89								

По результатам эксперимента можно сделать вывод о том, что фильерная загрузка напорных фильтров является предпочтительнее в сравнении с традиционными загрузками, т. к., имеет высокую эффективность обезжелезивания, которая не снижается при изменении температуры, рН, давления фильтруемой воды, а также эффект обезжелезивания не зависит от присутствия других химических примесей. На фильерной загрузке также возможно удаление тяжелых металлов, бикарбонатных солей железа, марганца и его соединений.

Проектирование зданий и эксплуатация недвижимости

УДК332.334.2

ПРОЦЕДУРА СОЗДАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ НА ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ ОТ ПЛАНИРОВАНИЯ ДО СТРОИТЕЛЬСТВА

А.В. Гроо

Научный руководитель В.И. Сарченко

Сибирский федеральный университет

Строительная отрасль России в настоящее время развивается очень динамично. Строительство, как одна лидирующих в государственной экономике отраслей, является полигоном для совершенствования технологий, применения инноваций и нестандартных подходов к реализации строительных проектов. Быстрое развитие отрасли с каждым днем приводит к всё более острой проблеме нехватки территорий крупных городов под застройку, также оказывающим значительное влияние фактором является неэффективность использования территории вследствие неграмотного подхода к реализации генеральных планов городов. Одним из способов решения данной проблемы являются искусственные земельные участки на водных объектах. Развитие данного вида территорий в России было практически невозможным из-за отсутствия нормативно-правовых актов регламентирующих их создание. В тоже время за рубежом, особенно в странах с высоким дефицитом земельных ресурсов (Голландия, Норвегия, Япония), либо в странах с быстро растущим экономическим благосостоянием (ОАЭ, Китай) создание ИЗУ на водных объектах уже давно является решением проблемы нехватки территории или просто «имиджевым» проектом.

Президент России Д.А. Медведев 19.07.2011 г. подписал закон № 246-ФЗ «Об искусственных земельных участках, созданных на водных объектах, находящихся в федеральной собственности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», регулирующий создание искусственных земельных участков на водных объектах для строительства на них зданий. Согласно закону искусственный земельный участок, созданный на водном объекте, находящемся в федеральной собственности (ИЗУ) – сооружение, создаваемое на водном объекте, находящемся в федеральной собственности, или его части путем намыва

или отсыпки грунта либо использования иных технологий и признаваемое после ввода его в эксплуатацию также земельным участком. Кроме того ИЗУ может прилегать к существующим земельным участкам или быть изолированным от них.

Инициаторами создания ИЗУ могут быть:

- федеральные органы исполнительной власти;
- исполнительные органы государственной власти субъектов Российской Федерации;
- органы местного самоуправления;
- физические лица, в том числе индивидуальные предприниматели, юридические лица.

Первоочередной задачей инициатора создания ИЗУ является подготовка проекта разрешения, который в свою очередь должен содержать:

- указание на планируемое использование ИЗУ с указанием предполагаемого целевого назначения, в том числе вида, видов разрешенного использования. В проекте может быть указан конкретный объект капитального строительства, для размещения которого создается ИЗУ;
- планируемое местоположение ИЗУ;
- схема размещения ИЗУ на водном объекте, находящемся в федеральной собственности, или его части и обоснование создания ИЗУ.

Проект разрешения на создание ИЗУ на водном объекте, находящемся в федеральной собственности, подлежит согласованию:

- федеральными органами исполнительной власти, осуществляющими государственный надзор в области использования и охраны водных объектов, федеральный государственный контроль в области рыболовства и сохранения водных биологических ресурсов, государственный надзор в области внутреннего водного транспорта, государственный контроль в морских портах;
- органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации, на территории которого планируется создание ИЗУ;
- органами местного самоуправления муниципальных образований, на территориях которых планируется создание ИЗУ.

Результатом проведения согласований является разрешение на создание ИЗУ. Разрешение на создание ИЗУ, в свою очередь, является основанием:

- для принятия уполномоченным федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации, органом местного самоуправления решения о подготовке документации по планировке территории в планируемых границах ИЗУ в соответствии с законодательством о градостроительной деятельности;
- для проведения открытого аукциона на право заключить договор о создании ИЗУ в случае его создания за счет средств физических лиц, в том

числе индивидуальных предпринимателей, или юридических лиц, а также на право выполнения работ, необходимых для создания ИЗУ. Проведение открытого аукциона является серьезным риском для инициатора создания ИЗУ, так как о намерении участвовать в аукционе могут заявить строительные, девелоперские, инвестиционные организации, обладающие значительными финансовыми возможностями. В случае проигрыша на аукционе, затраты, понесенные инициатором на этапе согласования не возвращаются.

- для заключения договора о создании ИЗУ, в случае если инициатором создания ИЗУ является физическое лицо, индивидуальный предприниматель или юридическое лицо.

Работы, необходимые для создания искусственного земельного участка:

- подготовка документации по планировке территории в планируемых границах ИЗУ;

- выполнение инженерных изысканий для подготовки проектной документации для создания ИЗУ;

- подготовка проектной документации для создания ИЗУ;

- проведение работ по созданию ИЗУ (намыв, отсыпка грунта или проведение работ с использованием иных технологий). Применение того или иного способа строительства ИЗУ выбирают в зависимости от природно-климатических условий, технических возможностей, технологических и экономических условий проведения работ.

Ввод в эксплуатацию ИЗУ возможен только после проведения всех работ по его созданию. Для разрешения на ввод в эксплуатацию, необходимо предоставить следующие документы:

- разрешение на проведение работ по созданию ИЗУ;

- акт приемки ИЗУ (в случае, если предоставление такого акта для выдачи разрешения на ввод объекта в эксплуатацию предусмотрено Градостроительным кодексом Российской Федерации);

- документ, подтверждающий соответствие ИЗУ требованиям технических регламентов и подписанный лицом, осуществляющим его создание;

- документ, подтверждающий соответствие параметров ИЗУ проектной документации и подписанный лицом, осуществляющим его создание;

- заключение органа государственного строительного надзора о соответствии ИЗУ требованиям технических регламентов и проектной документации, заключение государственного экологического контроля.

Завершающим этапом создания ИЗУ является возникновение права собственности, которое возникает с даты ввода объекта в эксплуатацию, только после возникновения права собственности возможно застраивать земельный участок, проектирование будущей застройки можно вести параллельно с согласованием строительства и ввода в эксплуатацию ИЗУ.

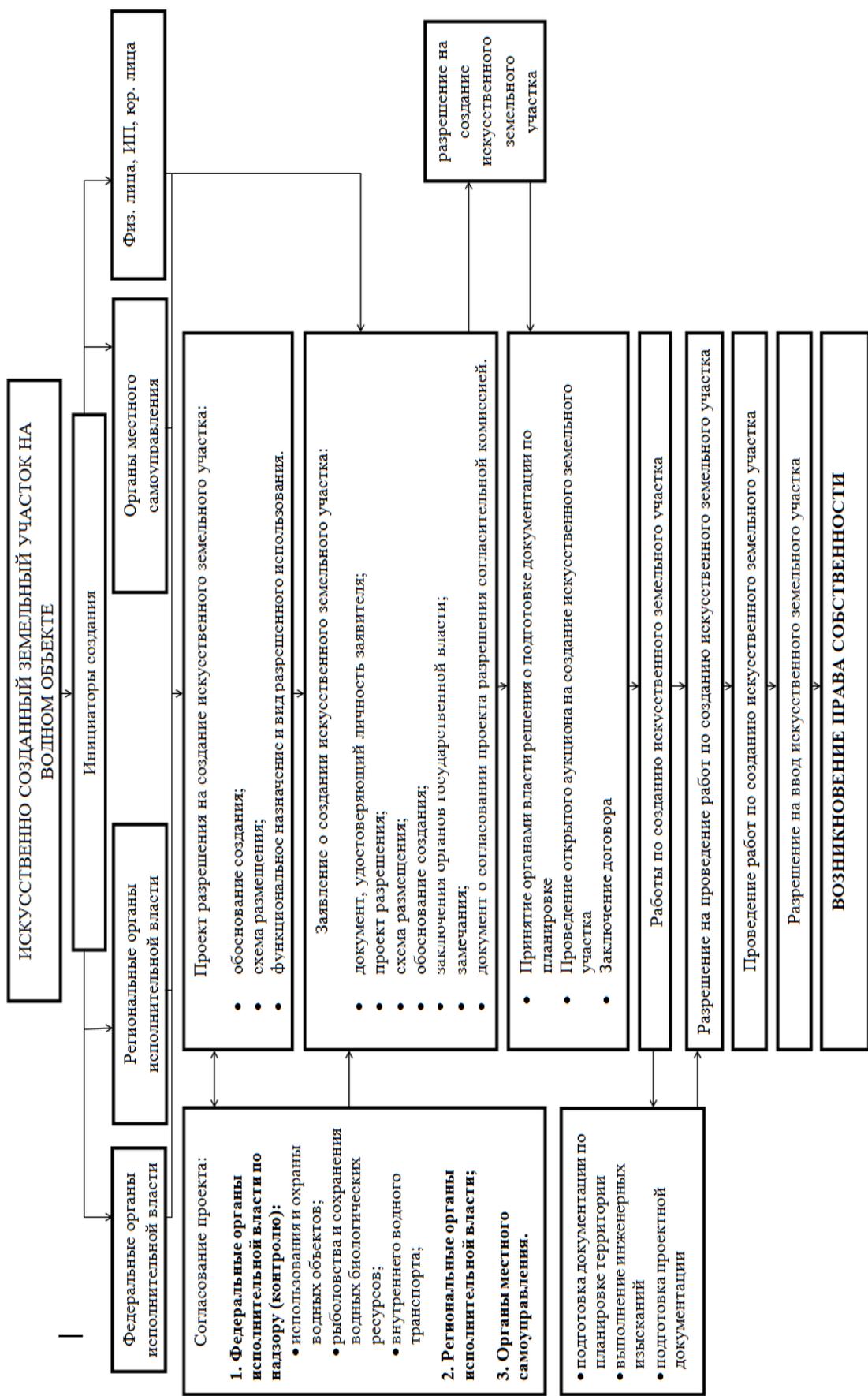


Рис. 1. Алгоритм создания ИЗУ на водных объектах

Собственниками ИЗУ могут быть:

- Российская Федерация в случае, если создание ИЗУ осуществлено за счет средств федерального бюджета;
- субъект Российской Федерации в случае, если создание ИЗУ осуществлено за счет средств бюджета субъекта Российской Федерации;
- муниципальное образование в случае, если создание ИЗУ осуществлено за счет средств местного бюджета;
- физическое лицо, индивидуальный предприниматель, или юридическое лицо в случае, если создание ИЗУ осуществлено такими лицами на основании заключенного с ними договора о создании искусственного земельного участка, за исключением случаев, если он создан на основании концессионного соглашения.

На рис. 1 изображен алгоритм создания ИЗУ на водных объектах. Действуя согласно приведенному алгоритму можно значительно упростить и ускорить процесс согласования строительства ИЗУ.

С принятием Федерального закона № 246-ФЗ, создание ИЗУ на водных объектах является одним из методов эффективного использования городских территорий. ИЗУ также способствуют быстрому развитию технологий как формирования грунтового основания под застройку (тела ИЗУ), так и последующего строительства на них. Комплексно застроенный с применением самых современных технологий ИЗУ станет одной из «визитных карточек» динамично развивающегося города, показателем высокого уровня развития инженерной мысли в регионе и примером успешного сотрудничества власти и строительного комплекса.

УДК 692.6

ПРОБЛЕМА ДОСТУПНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ КРАСНОЯРСКА МАЛОМОБИЛЬНЫМ ГРУППАМ НАСЕЛЕНИЯ

П.В. Лямзина, П.Ю. Писарева, И.А. Тушина
Научные руководители Е.М. Сергуничева, Е.В. Казакова
Сибирский федеральный университет

Проблема обеспечения беспрепятственного доступа маломобильных групп населения к объектам социальной инфраструктуры является актуальной задачей при проектировании и строительстве различных социальных объектов.

На сегодняшний день для формирования безбарьерной среды существует необходимость «разбудить» общество и сформировать понимание проблем маломобильных граждан, а также четкое исполнение требований доступности, обозначенных нормативными документами.

Маломобильной группой населения принято считать:

- инвалидов с поражением опорно-двигательного аппарата (включая инвалидов, использующих кресла-коляски);
- инвалидов с недостатками зрения и слуха;
- лиц преклонного возраста (60 лет и старше);
- временно нетрудоспособных;
- беременных женщин;
- людей с детскими колясками.

По самым скромным оценкам, в нашей стране более 25 % населения относятся к категории маломобильных граждан. Это значительная категория людей, интересы которой надо обязательно учитывать. Только инвалиды составляют примерно 10 % населения. Для Красноярска это – около ста тысяч человек. Многие из этих людей испытывают большие трудности в передвижении по городу или вовсе лишены такой возможности – ни архитектура, ни общественный транспорт в нашем городе не позволяют им вести полноценную жизнь.

Международные, а теперь российские стандарты и законы, требуют создать для всех людей условия для беспрепятственного доступа и пользования всеми без исключения зданиями и помещениями предприятий торговли, бытового обслуживания и питания, учреждений здравоохранения и социального обеспечения, кинотеатров и концертных залов, театров и библиотек, учебных заведений, спортивных объектов и сооружений и многих других.

Ниже приводится перечень законодательных актов, обязательных для исполнения юридическими и физическими лицами – владельцами, арендаторами и пользователями объектов, независимо от организационно-правовых форм и форм собственности, а также проектными, строительными и ремонтными предприятиями и организациями:

ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ АКТЫ:

1. Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30.12.2009 г. № 384-ФЗ (ст. 12);
2. Федеральный закон «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации» от 24.11.1995 г. № 181-ФЗ (ст. 14, 15, 16);
3. Градостроительный кодекс Российской Федерации (ст. 17,30, 58, 62);
4. Кодекс Российской Федерации «Об административных правонарушениях» (ст. 9.13 и 9.14).
5. Закон Красноярского края «Об обеспечении беспрепятственного доступа маломобильных граждан к объектам инженерной, транспортной и

социальной инфраструктуры, информации и средствам связи в красноярском крае» от 21.04.2011 г. № 12-5794.

Необходимо отметить, что законодательными актами (ст. 58 Градостроительного кодекса РФ, ст. 9.13 и 9.14 Кодекса РФ об административных правонарушениях, ст. 16 Закона «О социальной защите инвалидов в РФ и ст. 10 Закона Красноярского края от 21.04.2011 г. №12-5794) предусмотрена административная и иная ответственность юридических, физических и должностных лиц, не выполняющих или уклоняющихся от выполнения требований градостроительных нормативов и правил по обеспечению беспрепятственного передвижения и доступа инвалидов к объектам социальной инфраструктуры.

Указанные законодательные и нормативно-методические документы предусматривают основные положения проектирования зданий и сооружений с учетом требований инвалидов. В наибольшей степени это относится к инвалидам с нарушением функций опорно-двигательного аппарата, использующих при передвижении различные приспособления для ходьбы и коляски. Они испытывают затруднения, преодолевая препятствия (лестницы, высокие ступени, бордюры, пороги), передвигаясь в стесненных помещениях, пользуясь тесными санитарно-гигиеническими и бытовыми помещениями.

Для людей с полной или частичной потерей зрения предусматривается дополнительная система ориентиров: сочетание контрастных цвета и фактуры материалов, направляющие и предупреждающие устройства, звуковые сигналы и указатели, и т. д. Для незлышащих людей предусматриваются устройства дополнительной визуальной и световой информации (например, «бегущая строка»), указателей, электроакустических приспособлений и др.

Выполнение этих требований дает возможность беспрепятственного передвижения и доступа всем людям, в том числе ослабленным, пожилым, детям, людям с детскими колясками. Таким образом, не только создаются условия для нормальной жизни инвалидов, но и в целом повышается уровень комфорта для всех людей.

Руководители многих организаций, за исключением, быть может, учреждений социальной защиты и здравоохранения, неохотно приспособливают свои здания для доступа инвалидов, объясняя это тем, что инвалиды их не посещают. Расхожие аргументы: «Зачем я буду вкладывать средства в реконструкцию, если ко мне за все время не пришел ни один инвалид?», «У нас здесь развлекательное заведение, а не больница...» Нам всем необходимо понять, наконец, что инвалиды – такие же граждане, как и все остальные, и имеют одинаковые со всеми права и могут иметь самые разнообразные потребности. А если людей на колясках сейчас не видно в кафе, кинотеатрах и на стадионах – так это как раз потому, что здания и помещения эти для них не слишком удобны и безопасны, а для многих – просто недоступны.

Отношение к инвалиду в обществе во многом зависит от того, насколько часто он появляется в общественных местах. Ещё сегодня слово «инвалид» ассоциируется у большинства с определением «больной», который нуждается в постоянном уходе. Появление инвалида на коляске в магазине или школе, на стадионе или государственном учреждении может и должно стать обыденным, если при проектировании и строительстве всех без исключения общественных зданий и сооружений будут учитываться потребности этой категории населения.

Решение проблемы доступа не требует больших затрат. Устройство тротуаров с пониженным бордюром, наземных пешеходных переходов, удобных въездов в жилые дома и общественные здания не обходится дороже того, что принято в обычной практике строительства. Для того чтобы обеспечить инвалиду на коляске или маме с коляской возможность передвигаться без посторонней помощи, необходимы ровная поверхность и достаточное пространство.

Если нет возможности устроить вход в здание на одном уровне с тротуаром, его, в дополнение к лестницам, необходимо оборудовать пандусом. Пандус – это наклонная поверхность для вертикального перемещения людей, пользующихся колясками и детей в колясках.

При сооружении пандуса нужно помнить о нескольких важных вещах:

Пандус состоит из трех частей: двух горизонтальных площадок в верхней и нижней части и собственно наклонной поверхности. Горизонтальные поверхности обеспечивают безопасное и стабильное положение коляски.

Уклон пандуса должен быть не более 1:12. При уклоне пандуса более 5 % его необходимо снабдить поручнями с обеих сторон и ограждающими бортиками.

Покрытие пандуса не должно быть скользким.

Пандус должен дублировать лестницу, но не заменять ее.

Виды и параметры пандусов определяются индивидуально для каждого отдельного здания. В случаях, когда сооружение стационарного пандуса невозможно, используются откидные или съемные пандусы из прочных материалов.

В ряде случаев (на высоких лестницах, на станциях метрополитена и железнодорожных платформах) более целесообразно использовать подъемники. Тротуары у наземных переходов улиц и дорог, подходы к остановкам общественного транспорта требуют пониженных бордюров.

Незрячему или слабовидящему человеку трудно ориентироваться на улице или в подъезде. В незнакомой обстановке любое, самое незначительное, препятствие может представлять для него серьезную опасность. Поэтому, чтобы информировать незрячего человека о находящихся на его пути барьерах, можно использовать специальные дорожные плиты с предупредительным рельефом. Ярко окрашенные плиты с прочным эластичным покры-

тием, расположенные при подходе к лестничному маршу, помогут слабовидящему человеку вовремя подготовиться к подъему или спуску.

Обустройство инфраструктуры для доступа инвалидов и других маломобильных граждан поднимет качество обслуживания, привлечет новых клиентов, улучшит имидж предпринимателя в глазах потребителей. Поэтому, в конечном счете, небольшие инвестиции в улучшение комфорта клиентов – выгодны и с коммерческой точки зрения.

В данной работе был обследован ряд социально-значимых объектов г. Красноярска на доступность МГН, а также предложены мероприятия по формированию безбарьерной среды для маломобильной группы населения.

УДК 332.54

ВАРИАНТЫ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ НЕХВАТКИ ТЕРРИТОРИЙ ПОД ЗАСТРОЙКУ

К.Л. Сергеева

Научный руководитель И.А. Саенко

Сибирский федеральный университет

В последнее время в Российской Федерации активно развивается жилищное строительство, однако эта отрасль сталкивается с множеством проблем, одной из которых является нехватка территорий под строительство. Данная проблема является актуальной и для г. Красноярска.

Для того чтобы найти решения проблемы нехватки территории под строительство определим причины возникновения данной проблемы.

Согласно данным Управления Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Красноярскому краю [1], площадь земель населенных пунктов на 1.01.2011 г. составляет 355,7 тыс. га. При этом часть земель относится к сельскохозяйственным угодьям, лесным землям, лесным насаждениям, не входящим в лесной фонд, болотам, землям под водой, землям под дорогами, застроенным территориям и нарушенным землям. Таким образом, лишь 23,4 тыс. га пригодны под застройку, т.е. 6,6 % от общей площади территории населенных пунктов Красноярского края. Эта же ситуация еще более усугубляется в самом краевом центре.

Для ситуации в г. Красноярске также стоит отметить, что:

- многие свободные территории не обеспечены необходимыми магистральными сетями, а их прокладка обходится слишком дорого для застройщика;

- достаточно большие территории заняты ветхими одноэтажными домами, которые занимают привлекательные с коммерческой точки зрения земли, но при этом портят градостроительный облик города.

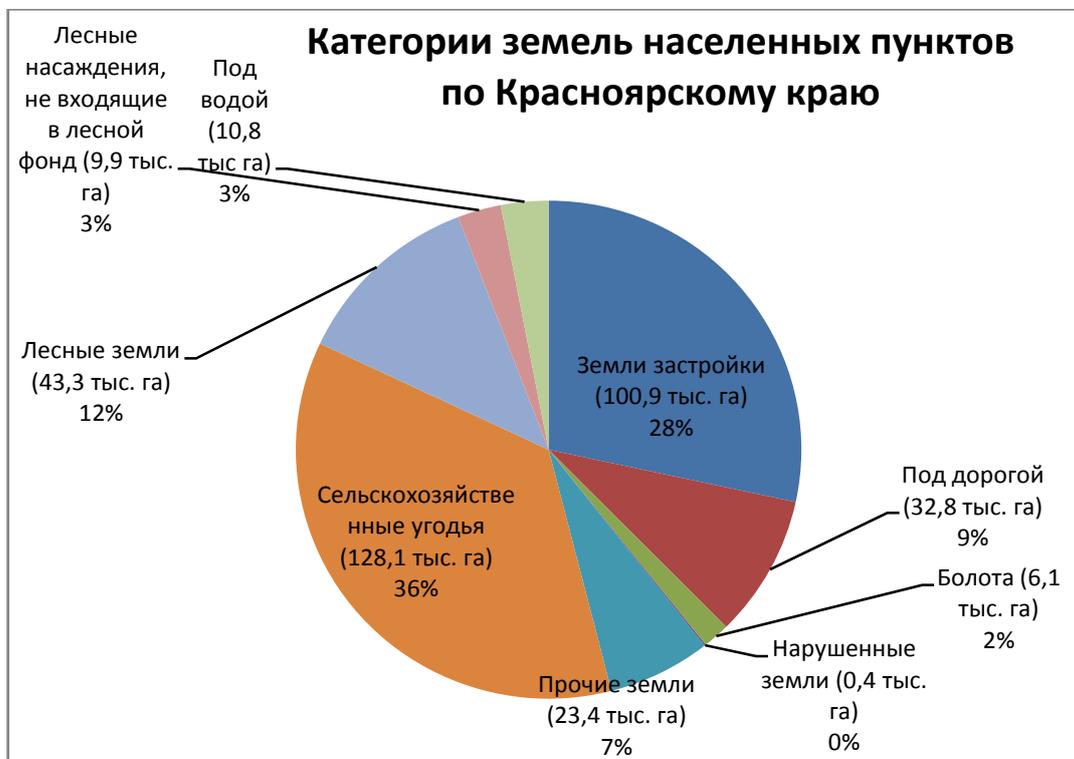


Рис. 1. Соотношение площадей различных категорий земель населенных пунктов по Красноярскому краю

Определив проблему и источники ее формирования, можно предложить следующие варианты ее решения.

Одним из определяющих вариантов будет являться застройка на границах населенных пунктов и постепенный перевод территорий, граничащих с населенными пунктами, в их состав. В рамках реализации национального проекта «Доступное жилье» в Красноярской агломерации производится освоение таких территорий, как п. Солонцы, Дрокино, Элита, Минино. Главными проблемами, возникающими в этом случае, являются отсутствие инженерных сетей и прочей инфраструктуры, а также юридические сложности с приобретением участков под застройку в собственность. Большинство земель, относящихся к указанным выше территориям, являются землями сельскохозяйственного назначения. Следовательно, единственным способом осуществить застройку на этих территориях будет перевод земель в категорию земель населенных пунктов. Согласно N 172-ФЗ «О переводе земель или земельных участков из одной категории в другую» [2] для произведения такого перевода приводится обоснование перевода земельного участка

из состава земель одной категории в другую. «Это обоснование может дать единственный документ – Градостроительный план, где прописаны правила землепользования и застройки» [3]. О дороговизне подвода магистральных сетей и обеспечения развитой инфраструктурой известно всем застройщикам. Удаленность данных территорий от центра города еще один важный фактор. С одной стороны, удаленность от центра обеспечивает жителей экологически чистой окружающей средой, так как экологическая ситуация в городе является неблагоприятной для проживания, но с другой стороны, большинство жителей предпочитают жить ближе к центру, где находится место их работы и более развита инфраструктура. В связи с тем, что проблема с пробками усугубляется из года в год, все больше времени жители города Красноярска тратят на то чтобы добраться до места работы. Соответственно чем дальше расположено место жительства от делового центра, тем больше времени тратится на дорогу.

Большинство этих проблем можно избежать, если начать строительство на территориях занятых малоэтажным ветхим жильем. Из данной категории жилья можно выделить жилье, находящееся в зданиях, относящихся к категории памятников архитектуры. Рассматривать этот вид жилья нецелесообразно, так как данный тип зданий не подлежит сносу и соответственно не может обеспечить новыми территориями под застройку. Следует рассмотреть вариант с ветхими малоэтажными жилыми зданиями, не несущими никакой исторической ценности. При сносе такого жилья образуется достаточное количество свободных территорий привлекательных для застройщика. Проблема с прокладкой инженерных сетей и прочей инфраструктурой исчезает. Но возникает другая проблема – расселение жильцов ветхих домов подлежащих сносу. Жильцами ветхих домов часто являются представители старшего поколения, которые не хотят переезжать в другие дома, так как хотят быть ближе к земле, но в то же время близко от центра города. Кроме того, они часто объясняют нежелание переезжать в другое место тем, что они привыкли жить именно в данном месте. Существует другая категория жильцов, которые считают, что новая квартира должна предоставляться в соответствии с количеством прописанных на этой жилплощади человек. Следует рассмотреть два случая. Если жилплощадь занимает на основании договора социального найма, согласно статье 89 Жилищного кодекса РФ [4] «предоставляемое гражданам в связи с выселением по основаниям, которые предусмотрены статьями 86-88 настоящего Кодекса, другое жилое помещение по договору социального найма должно быть благоустроенным применительно к условиям соответствующего населенного пункта, равнозначным по общей площади ранее занимаемому жилому помещению, отвечать установленным требованиям и находиться в границах данного населенного пункта». Таким образом, действует правило предоставления жилья такой же площади, и количество прописанных на данной жилплощади не влия-

ет на получаемое в будущем жилье. Вторым случаем это наличие у частных лиц права собственности на данное ветхое жилье. Действующее законодательство не регулирует выкуп земель у собственника ветхого жилья. Таким образом получить территорию под новое строительство можно только с согласия собственника жилья. Строительные компании соглашаются предоставлять новое жилье с площадью, соответствующей площади старого жилья. Часто стоимость предоставленного нового жилья оказывается выше стоимости старого аварийного. Если же собственник жилья хочет переселиться в квартиру с большей площадью, рассматриваются варианты с доплатой. И все же, несмотря на то, что затраты на расселение весьма значительны, строительные компании заинтересованы в строительстве на территориях занятых ветхими жилыми домами. Примером такого использования земель является строительство новых многоэтажных жилых домов на месте п. Николаевка, где борьба между строительными компаниями и жителями ветхих домов ведется уже несколько лет.

Еще один интересный вариант, который активно используется за рубежом – это строительство на искусственных островах. Одним из самых ярких примеров является строительство отеля Бурджаль-Араб в Дубаи, который расположен на острове, находящемся на расстоянии 280 метров от берега и соединенном с берегом мостом. Как было уже отмечено ранее 10,8 тыс. га территорий населенных пунктов Красноярского края заняты водными объектами. Соответственно вариант использования данных территорий под застройку возможен. Преимуществами такого способа получения земель является наличие магистральных сетей, близость к центру города, более того красивый пейзаж. Но данный проект имеет ряд недостатков. Например, это угроза затопления, которая возникает в период паводков. Еще одной проблемой, которая возникнет при реализации подобного проекта будет сложность получения разрешительных документов на строительство. Существует закон регламентирующий строительство искусственных островов № 246-ФЗ "Об искусственных земельных участках, созданных на водных объектах" [5], согласно которому «проект разрешения на создание искусственного земельного участка на водном объекте, находящемся в федеральной собственности, подлежит согласованию с:

- 1) федеральными органами исполнительной власти, осуществляющими государственный надзор в области использования и охраны водных объектов, федеральный государственный контроль (надзор) в области рыболовства и сохранения водных биологических ресурсов, государственный надзор в области внутреннего водного транспорта, государственный контроль (надзор) в морских портах;

- 2) органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации, на территории которого планируется создание искусственного земельного участка;

3) органами местного самоуправления муниципальных образований, на территориях которых планируется создание искусственного земельного участка».

Таким образом, можно сделать вывод, что это процесс непростой. Так как данный вид строительства относительно новый в России, возникают сложности с проектированием. У нас в Красноярске такое строительство только начинает развиваться. Примером может служить строительство нового жилого комплекса «Белые росы» на протоке реки Енисей.

Каждый из выявленных вариантов решения проблемы нехватки городских территорий под застройку имеет свои достоинства и недостатки, и выбор способа зависит от возможностей и желаний застройщика.

Список литературы

1. Громова Т.А. Доклад об использовании земель Красноярского края за 2010 г./ Росреестр. – Красноярск, 2011. – 213 с.
2. «О переводе земель и земельных участков из одной категории в другую»: фед. законот 21.12.2004 г. № 172-ФЗ. М.: ГД ФС РФ, 2004. – 2 с.
3. Щербакова Е. Здесь будет город-сад // Сибирский дом. 2007. Режим доступа: www.sibdom.ru (дата обращения 21.03.2012)
4. Жилищный кодекс российской федерации: фед. закон от 29.12.2004 г. №188-ФЗ. М: ГД ФС РФ, 2004. – 16 с.
5. Об искусственных земельных участках, созданных на водных объектах: фед. закон Рос Федерации от 19.07.2011 г. № 246-ФЗ. М: ГД ФС РФ, 2011. – 3 с.

УДК 332

РАЗВИТИЕ РЫНКА СОЦИАЛЬНОГО АРЕНДНОГО ЖИЛЬЯ В РФ

Я.А. Филипсон

Научный руководитель Р.Э. Березовская

Сибирский федеральный университет

В России одной из актуальных на данный момент остается жилищная проблема. Обеспеченность жильем в России в среднем составляет 20 м² на душу населения, в Норвегии этот показатель составляет 74 квадратных метра, в США – 70 м², в Германии – 50 м², а на Украине – 26 м²¹. По данным результатов исследований Национального агентства финансовых

¹ Интервью президента Российской гильдии риэлторов (РГР) Сергея Канухина от 11.10.2011 г.

исследований (НАФИ), потребность в улучшении жилищных условий сегодня испытывают 40 % респондентов, и лишь 9 % из них в состоянии это сделать. По различным оценкам до 70 % жилья в России является старым, ветхим или непригодным для проживания.

Эксперты «Деловой России» и проекта «Российский дом будущего» пришли к выводу, что выходом из ситуации может стать создание фонда арендного жилья в регионах России, которое будет доступно населению на праве постоянного проживания. Условие проживания – ежемесячная выплата арендодателям небольшой фиксированной суммы (ниже выплат по ипотеке).

В 2010 г. Фонд содействия развитию жилищного строительства (РЖС) провел исследование на предмет интереса россиян к аренде жилья. Выяснилось, что 83 % семей предпочли бы снимать жилье у государственной или муниципальной компании. Подавляющее большинство рассчитывает воспользоваться средне- и долгосрочной арендой (на сроки от года до пяти и более десяти лет). Доля договоров до года не превышает 5 % от общего числа, 66 % семей планирует арендовать одно- или двухкомнатную квартиру в многоквартирном доме. На данный момент аренда составляет в России всего 5 % от жилищного фонда², тогда как в США этот показатель доходит до 35 %, в среднем по Европе – до 60 %.

Увеличение рынка арендного жилья может положительно сказаться на решении доступности жилья, увеличит налоговые поступления в бюджет. Согласно результатам исследований, полученных на основе математических моделей и экспертных оценок, наиболее эффективным методом управления недвижимостью является доходные дом.

Доходный дом специализированный дом, собственник которого в целях извлечения прибыли предоставляет по договору аренды во временное владение и пользование арендатору и членам его семьи жилые и нежилые помещения без ограничения их размеров.

В настоящее время Министерством регионального развития РФ совместно с ОАО «АИЖК», банками-партнерами создана рабочая группа, которая готовит основу для развития рынка арендного жилья в России, целями которой является³:

- обеспечить качественным жильем работников частных предприятий – повысить мобильность населения;
- создать условия для привлечения в субъект дефицитных для муниципальных образований специалистов;

² Данные исследований компании NAI Becar <http://www.realty-trade.com/content/1471>

³ Данные представленные Министерством регионального развития Российской Федерации на Всероссийском совещании по вопросам развития рынка арендного жилья в Российской Федерации

- обеспечить достойный уровень проживания социально незащищенным слоям общества, в т.ч. социальный наем для очередников;
- оказать поддержку в предоставлении жилья гражданам РФ, в т.ч. молодым семьям, которые не могут позволить себе первоначальный взнос по ипотеке и не подпадают под программу «Молодая семья»;
- стимулировать развитие инженерной, социальной, транспортной инфраструктуры;
- создать цивилизованный рынок арендного жилья.

Предполагаемая схема реализации:

- 1) предоставление земельного участка в аренду через аукцион с ограничением использования – строительство арендного фонда;
- 2) строительство арендного фонда – банки готовы предоставить кредит до 70 % стоимости строительства на срок до 2-х лет под 10-11 % годовых;
- 3) организация СПВ и рефинансирование кредита в ОАО «АИЖК» на срок до 20 лет под 10-11 % годовых;
- 4) Эксплуатация жилого фонда в соответствии с законодательством в части арендного жилья – определение максимальных ставок для разных категорий граждан, контроль за эксплуатацией арендного фонда, защита прав арендаторов.

Для реализации данной программы необходимы следующие действия со стороны органов власти:

- | | |
|----------------------|---|
| Федеральный уровень | <ul style="list-style-type: none"> • Обеспечить условия для создания источников долгосрочного финансирования. • Создание законодательной базы. |
| Региональный уровень | <ul style="list-style-type: none"> • Налоговые преференции. • Государственные гарантии. • Субсидирование части арендной ставки муниципальным рабочим и очередникам. • Предоставление земельных участков, обеспечение инженерной инфраструктурой на льготных условиях. |

На данный момент при обсуждении данного вопроса поднимаются следующие предложения по изменению законодательной базы:

- 1) изменения в Земельный кодекс, направленные на упрощение порядка передачи земельных участков под строительство жилищного фонда коммерческого использования;
- 2) изменения в Налоговый кодекс, направленные на уравнивание налогового режима (налоговой нагрузки) юридических и физических лиц (по НДС, налогу на прибыль/НДФЛ, налогу на имущество) при приобретении и эксплуатации жилищного фонда коммерческого использования;
- 3) изменения в Гражданский и Жилищный кодексы в части улучшения нормативного регулирования договора коммерческого найма.

Важными экономическими стимулами к развитию рынка являются:

- общий рост объёмов строительства жилья (насыщение);
- внедрение ипотеки доходных домов;
- развитие механизмов рефинансирования и секьюритизации;
- разрешение пенсионным фондам и страховым компаниям инвестировать средства в долговые обязательства собственников доходных домов;
- снижение инфляции и ставки рефинансирования.

При обсуждении создания рынка арендного жилья следует разделять социальное арендное жилье и коммерческое. На данном этапе строительство доходных домов с коммерческой целью не выгодно бизнесу по следующим причинам:

- отсутствие необходимой нормативно-правовой базы;
- длительные сроки окупаемости проекта (до 20 лет);
- конкуренция со стороны частных лиц предоставляющих квартиру в аренду (30 % жилья арендуется именно у частных лиц, при этом у них есть возможность демпинговать и, как правило, они не платят налоги);
- высокие налоги.

Поэтому наиболее целесообразен следующий путь развития:

- создание пилотных проектов социального арендного жилья;
- внесение изменений в нормативно-правовую базу;
- трансляция опыта по созданию социального арендного жилья в субъекты РФ;
- создание условий для привлечения частного бизнеса в сферу арендного жилья.

УДК 69

ВЛИЯНИЕ ЯРКОСТИ И ПУЛЬСАЦИИ СРЕДСТВ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ НА КАЧЕСТВО ЖИЗНИ И СОСТОЯНИЕ ЧЕЛОВЕКА

О.С. Ястребова, Д.С. Прокопьева, А.Ф Харисова
Научный руководитель Д.А. Михеев
Сибирский федеральный университет

В последнее время все чаще и чаще в городах для привлечения внимания людей наряду с рекламными щитами (биллбордами), подсвечиваемыми в ночное время светодиодными прожекторами, используются и светодиодные щиты (экраны)? способные для привлечения максимального количества зрителей менять картинку с высокой частотой. Преимущества

таких экранов очевидны. К их достоинствам можно отнести способность качественно работать в интервале температур от -40 до $+60$ °С, при любых погодных условиях, 24 часа в сутки. При этом яркость панелей составляет 2000 кд/м², а в некоторых случаях может достигать и 5000 кд/м² (в случае длительного нахождения экрана в прямых солнечных лучах). Для примера, яркость компьютерных мониторов находится в интервале $80...400$ кд/м².

Казалось бы, что плохого в такой конструкции экрана можно найти? Здесь и качественный свет, и долговечность, и экономия электроэнергии, и максимальная эффективность. Но, несмотря на все вышеуказанные достоинства, есть и один существенный недостаток при расположении такого типа рекламы в жилой застройке.

Быстрая смена информации – мерцание экрана, необходимое для привлечения внимания зрителей, вызывает пульсацию освещенности. Нормирование этого качественного показателя освещения есть только в Российских нормах, и описывается он коэффициентом пульсации освещенности K_p :

$$K_p = (E_{max} - E_{min}) / (E_{max} + E_{min}),$$

где E_{max} и E_{min} – максимальное и минимальное значения освещенности за полупериод сетевого напряжения.

Проанализировав Российские нормы нами было установлено, что глубина пульсации освещенности на рабочих местах не должна превышать 20 %, а для некоторых видов производства – 15 % (согласно требований СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03), а в помещениях оборудованных рабочими местами с ПЭВМ коэффициент пульсации освещенности должен быть не более 5 % (согласно п. 6.14 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03).

Также отметим, что в соответствии с п. 3.3.6 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 для помещений общественных зданий: «Размещение пульсирующих рекламных установок допускается при отсутствии прямой видимости их воздействия в точке, расположенной на расстоянии 1 м от геометрического центра светопроема».

Несмотря на размытую формулировку и ранее указанные количественные показатели K_p логично предположить, что для жилых зданий требования должны, как минимум, быть аналогичными, т. е. жильцы жилых домов не должны испытывать негативного воздействия от уличной рекламы.

В подтверждение к тому считаем необходимым отметить тот факт, что в европейских нормах нет количественных показателей пульсации освещенности. Вместо значений коэффициента пульсации в нормах сказано, что в помещениях с длительным пребыванием людей пульсации освещенности и возникновение стробоскопического эффекта не допускаются.

Пульсация светового потока зрительно не воспринимается, так как частота пульсации превышает критическую частоту слияния мельканий, но неблагоприятно влияет на биоэлектрическую активность мозга, вызывая повышенную утомляемость. Отрицательное воздействие пульсации возрастает с увеличением ее глубины, появляется напряжение на глазах, усталость, трудность сосредоточения на сложной работе, головная боль.

Данное негативное воздействие света особенно становится актуальным ночью, когда человек, находясь в своей квартире, вместо полноценного отдыха (сна) получает «букет» заболеваний, сам того не ожидая. Как известно, в темное время суток в организме происходит выработка очень важного гормона – мелатонина, как естественное (дневной), так и искусственное освещение его выработку подавляет. Мелатонин отвечает за регуляцию наших внутренних ритмов, «биологических часов».

Получается, что темнота, как и чистый воздух, превращается в роскошь. Ночью от рекламных щитов в окна домов попадают пульсирующие лучи искусственного света. Воздействие света в темное время суток нарушает в организме «биологические часы» или естественный 24-часовой цикл дня и ночи. Нарушение биологических часов приводит к переутомлению, депрессии, онкологическим заболеваниям. Смещение дневного цикла нарушает способность засыпать и просыпаться в нужное время и ведет к понижению уровня умственных и автоматических функций.

К сожалению приходится констатировать факт, что при выборе мест размещения наружной рекламы главную роль играет не качество жизни и психологическое состояние жителей, проживающих в зданиях, напротив которых располагают рекламные стенды, а максимально возможное число «прозомбированных» в ходе рекламы жителей населенного пункта.

В качестве одного из примера «неграмотного» расположения средств отображения информации коллективного пользования можно рассмотреть жалобы жителей, проживающих по улице Карла Маркса 112а в г. Красноярске, где через дорогу находится РКК Луч с огромным экраном на фасаде (рис. 1 и 2).

Замеры коэффициента пульсации освещенности в помещении квартиры показали, что в зависимости от вида рекламного сюжета значения Кп изменялись в диапазоне от 29 до 60,5 %, что превышает наихудший показатель в 3 раза!

Таким образом, анализируя существующую ситуацию не следует забывать и о Федеральном законе Российской Федерации № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», призывающие снижать потребление электроэнергии. А так как число потребителей рекламы снижается в разы в ночное время, то стоит ли во-

обще круглосуточно транслировать ее, причиняя вред, как населению, так и окружающей среде.

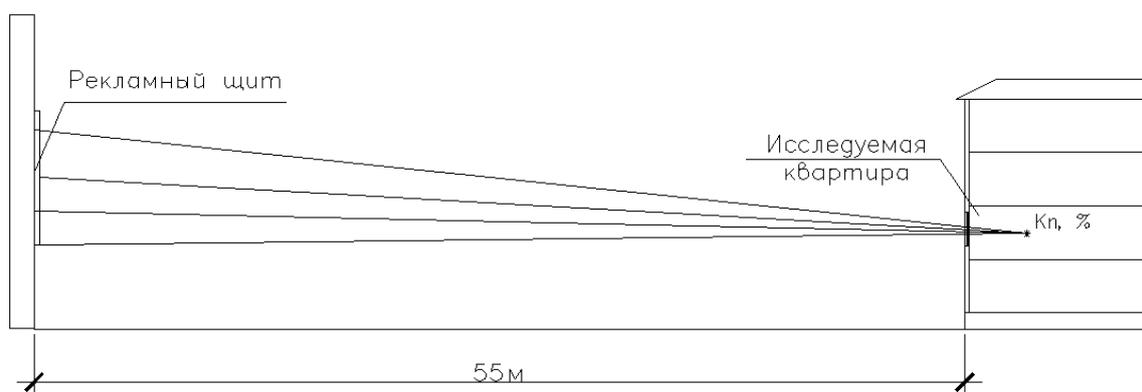


Рис. 1. Схема расположения рекламного щита и помещения исследуемой квартиры

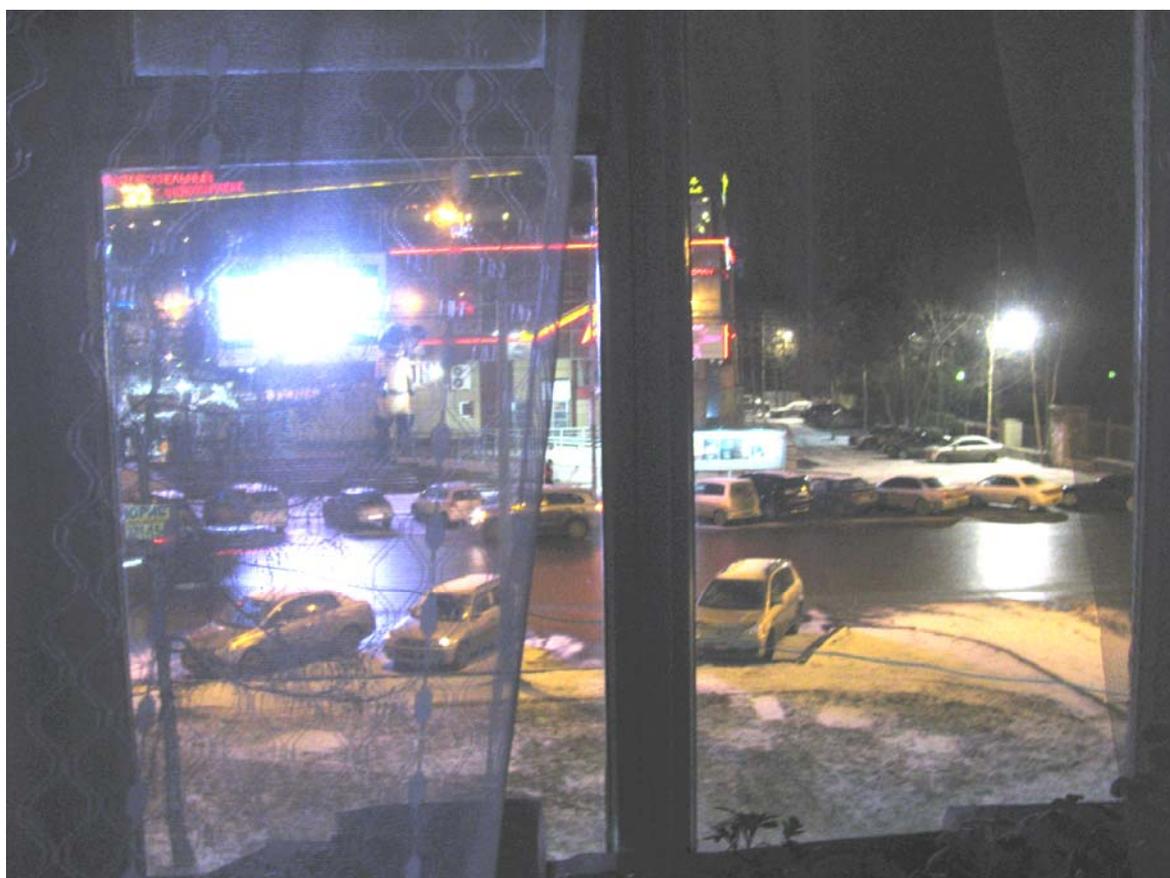


Рис. 2. Вид (фотография) рекламного щита из помещения исследуемой квартиры

В 2011 г. президент РФ Д. Медведев в ходе визита в Гонконг (Сянган) в апреле призвал российских губернаторов перенять опыт этой страны по отключению подсветки рекламных конструкций после 22:00 в целях экономии электроэнергии. «В программе энергосбережения уже поставлена задача, чтобы сроки горения рекламы привязывались ко времени суток,

чтобы она не горела тогда, когда в принципе людям она не нужна», – подчеркнули власти, отвечая в ходе пресс-конференции на вопрос о том, будет ли Москва использовать пример Гонконга.

На наш взгляд, данный путь поможет избавиться от «вспышек в ночи», значительно снизив энергопотребление и улучшив качество жизни и психологическое состояние жителей мегаполисов.

Автомобильные дороги и городские сооружения

УДК 656.025.4

ПЕРЕВОЗКА НЕГАБАРИТНЫХ И ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ ГРУЗОВ

М.Е. Бовкунов, О.К. Шоломицкий
Научный руководитель В.В. Серватинский
Сибирский федеральный университет

Негабаритным и тяжеловесным грузом называется любой предмет, который из-за особо больших размеров, массы или специфических особенностей нельзя перевозить в закрытом транспортном средстве или контейнере, то есть стандартными видами транспорта. Примером таких грузов являются: турбины электростанций; котлы; нефтехимическое и строительное оборудование; дорожная, сельскохозяйственная и строительная тяжеловесная техника; крупногабаритные емкости; производственные станки. Пример негабаритного груза приведен на рис. 1.



Рис. 1. Перевозка турбинного вала массой 96 т для Саяно-Шушенской ГЭС

К крупногабаритным грузам, согласно правилам дорожного движения (пункт 23.5), относятся транспортные средства, которые превышают 2,55 м по ширине, 4 м по высоте и 20 м по длине, включая один прицеп.

Если общая ширина автопоезда с грузом превышает 3,5 м или общая длина автопоезда с грузом превышает 24 м, то требуется автомобиль при-крытия. В том случае, когда общая ширина автопоезда с грузом превышает 4,0 м или общая длина автопоезда с грузом превышает 30 м или транспортное средство при движении вынуждено хотя бы частично занимать полосу встречного движения, необходимо участие в сопровождении патрульного автомобиля ГАИ.

Тяжеловесный груз – это груз, который, будучи погружен в транспортное средство, вызывает превышение хотя бы одного из параметров по разрешенной максимальной массе подвижного состава или осевым нагрузкам, определенных в нормативных документах.

Для перевозки негабаритных и тяжеловесных грузов в настоящее время используются различные виды техники: седельные тягачи, автокраны, строительные тралы, полуприцепы и т. п. Седельным тягачом называется вид тягача, работающего с полуприцепами, присоединяемыми к машине с помощью специального сцепного механизма – седла.

При подъеме и разгрузке крупнотоннажных грузов используется мобильный автокран Liebherr LTM 1130, имеющий грузоподъемность 130 т при вылете стрелы 3 м (рис. 2).



Рис. 2. Мобильный автокран Liebherr LTM 1130

При перевозке тяжелых грузов широко применяются строительные тралы различных марок. Трал Nooteboom 40/60 т оснащен дополнительной тележкой, позволяющей увеличить грузоподъемность механизма. Если в сложенном виде данный трал везет около 40 т, то при сцепке с дополни-

тельной тележкой он сможет везти уже около 60 т. Этот трал не является модульным, но уже имеет возможность трансформации.



Рис. 3. Строительный трал Nootboom 40/60 т

Строительный трал Scheuerle 50/80 т – типичный представитель тралов для перевозки строительной техники. Он имеет минимальную погрузочную высоту 300 мм, что позволяет технике заезжать на него без дополнительных приспособлений. Грузоподъемность данного трала зависит от скорости передвижения и доходит до 80 т при 30 км/ч. Данные тралы оснащаются осями, грузоподъемность которых колеблется от 12 до 23 т с гидравлической подвеской. Хотя с помощью вставок данные тралы могут существенно удлиняться. В данном случае удлинение приводит к снижению грузоподъемности и используется для перевозки длинномерных, но не тяжеловесных грузов.

Трал фирмы Goldhofer 160 т характеризуется тем, что его прицеп оснащен поворотными осями, каждая из которых может нести до 25 т нагрузки на скорости до 5 км/ч. Грузоподъемность таких тралов может достигать до 700 т.



Рис. 4. Модульный трал Goldhofer 160 т

Для перевозки длинномеров применяются специальные тралы. Конструкция такого трала предусматривает удлинение на 7000 мм, что позволяет получить платформу длиной 22 м. Рекордсмены жанра раздвигаются

до 45 м. В этой категории тралов редко встречаются те, что способны перевозить свыше 100 т. В основном, их грузоподъемность колеблется от 30 до 80 т.

Семиосный 28 колесный полунизкорамный полуприцеп с пневмоподвеской грузоподъемностью 90 т фирмы STR имеет две последние оси подруливающие. Техническая грузоподъемность оси составляет 12 т. Длина площадки 10,8 м и может увеличиваться до 17,8 м.



Рис. 5. Полуприцеп грузоподъемностью 90 т фирмы STR.

Ограничения на допустимую массу транспортного средства с грузом или без груза увязаны с размерами колесной базы и осевыми нагрузками. С увеличением у автопоезда количества осей уменьшается осевая нагрузка на дорожное полотно и пролетные строения мостов, определяющие их несущую способность.

Перевозка крупногабаритных и тяжеловесных грузов категории 2 по населенным пунктам осуществляется в период наименьшей интенсивности движения, а вне населенных пунктов – в светлое время суток. В темное время суток по дорогам вне населенных пунктов, а также при интенсивном движении в светлое время суток перевозка допускается только при условии сопровождения груза.

УДК 656.13

АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ НА ЗАСТРОЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ

О.В. Гаврась, А.В. Заноз
Научный руководитель Т.В. Гавриленко
Сибирский федеральный университет

Оценка состояния воздушной среды больших городов представляет собой актуальную задачу. Красноярским отделением Росгидромета ведется регулярный мониторинг загрязнения окружающей среды с помощью восьми

стационарных станций, расположенных в разных административных районах города. Одна из таких станций установлена в Центральном районе на ул. Сурикова. Схема ее расположения приведена на рис. 1. В этом районе города практически отсутствуют промышленные предприятия, но территория перегружена автомобильным транспортом, следовательно, загрязнение воздуха, фиксируемое на указанном посту, в большей степени обусловлено выбросами от автотранспорта. Цель наших исследований заключалась в сравнении оценок выбросов от транспортного потока вблизи станции, получаемых расчетным путем, с данными натурных измерений на ней.



Рис.1. Стационарный пост наблюдений на ул. Сурикова, 54е; а) - схема расположения поста (красный квадрат); б) – фотография поста

Известно, что пробы воздуха на посту берутся ежедневно четыре раза в сутки: в час ночи, семь утра, час дня и семь вечера. По ним определяются концентрации диоксида серы, окиси углерода, диоксида азота, оксида азота, фенола, фторида водорода, хлорида водорода, формальдегида, бензола, толуола, ксилола и взвешенных веществ. Результаты мониторинга приводятся в еженедельной справке, публикуемой в экологической газете «Наш край», и на официальном сайте Красноярского отделения Росгидромета. В справке по районам города указывается перечень тех загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, по которым в течение недели были зафиксированы величины концентраций, превысивших максимально разовые предельно допустимые концентрации (ПДК_{мр}), и указываются наибольшие их значения в единицах ПДК_{мр}.

На рис. 2 приведена справка о состоянии воздуха в период с 19 по 25.09.2011 г. Из нее следует, что на посту в Центральном районе в указанный период времени были зафиксированы превышения ПДК_{мр} по взвешенным веществам в 1,2-3,6 раза, оксиду углерода – в 1,4 раза, гидрохлориду – в 1,3 раза, формальдегиду – в 1,1 раза и этилбензолу – в 1,5-2,5 раза.

Расчетные значения загрязнения воздуха определялись по «Методике определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расче-

тов загрязнения атмосферы городов», утвержденной приказом Госкомэкологии России № 66 от 16.02.1999 г. Согласно данной методике объем выбросов вредных веществ определяется на основе учёта различных типов транспортных средств, интенсивности движения и конкретных дорожных условий.

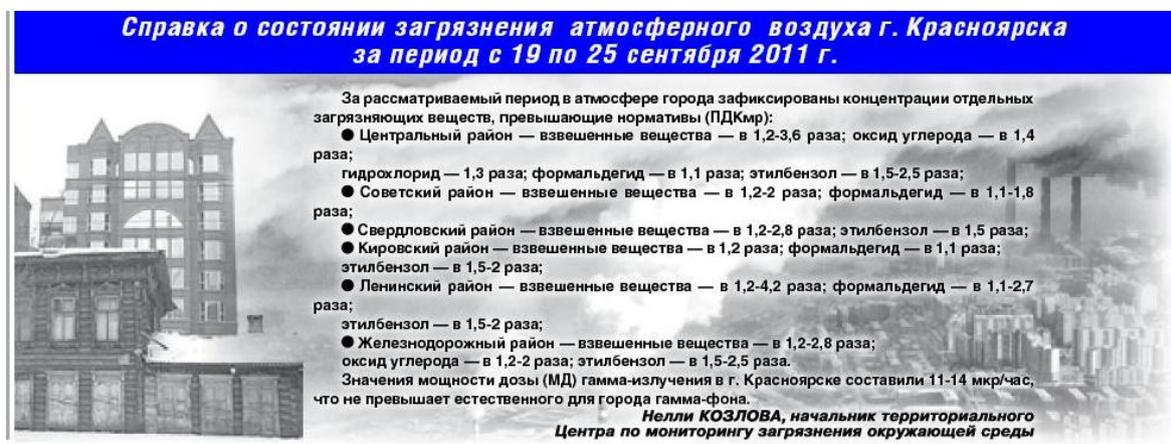


Рис. 2. Ежедневная справка о состоянии атмосферного воздуха в г. Красноярске

Исследования интенсивности движения и состава потока проводились 22.09.2011 г. в период с 18 до 19 часов. Состав потока был разбит на группы, характеристики которых приведены в табл. 1. Общее количество автомобилей составило 2922 авт./час.

Таблица 1

Группа	Состав группы	Вид транспортных средств	Доля в потоке, %
I	Легковые		95,38
II	Грузовые карбюраторные грузоподъемностью менее 3 т и микроавтобусы	ГАЗ-51-53, УАЗы, «Газель», РАФ	2,26
III	Грузовые карбюраторные грузоподъемностью более 3 т	ЗИЛы, Урал	0,21
IV	Автобусы карбюраторные	ПАЗ-32054, ПАЗ-4234	0,82
V	Грузовые дизельные	КРАЗ, КАМАЗ	1,23
VI	Автобусы дизельные	НЕФАЗ-5299, МАЗ-103, ЛиАЗ-5256, ЛиАЗ-5293, Hyundai Aero City 540, Daewoo-BS106i	0,1
VII	Грузовые газобаллонные, работающие на сжатом природном газе		-

Выброс i -ого загрязняющего вещества (г/(м·с)) движущимся автотранспортным потоком определялся по формуле

$$M_i^{\text{П}} = \frac{1}{3600} \sum_{k=1}^K M_{k,i}^{\text{П}} G_k k_{V_{k,i}}, \quad (1)$$

где $M_{k,i}^{\text{П}}$ – пробеговый выброс i -го вредного вещества автомобилями k -й группы для городских условий эксплуатации, (г/км); K – количество групп автомобилей; G_k (авт./час) – фактическая наибольшая интенсивность движения, т. е. количество автомобилей каждой из K групп, проходящих через фиксированное сечение выбранного участка автомагистрали в единицу времени в обоих направлениях по всем полосам движения; $k_{V_{k,i}}$ – поправочный коэффициент, учитывающий среднюю скорость движения транспортного потока $V_{k,i}$ (км/час) на участке улицы; $1/3600$ – коэффициент перехода от часа к секундам.

Вышеуказанная методика позволяет определить мощность эмиссии вредных веществ, приведенных в табл. 2. Темным цветом выделены строки с веществами, фиксируемыми на стационарном посту.

Таблица 2

Вещество	ПДК _{мр} , мг/м ³	Выбросы, мг/(м·с)	Концентрация, мг/м ³	Концентрация в долях ПДК _{мр}
Оксид углерода	5	16,852	33,61	1,79
Диоксид азота	0,2	1,577	3,15	4,19
Углеводороды	5	2,018	4,06	0,21
Сажа	0,15	0,003	0,006	0,01
Диоксид серы	0,5	0,072	0,14	0,08
Формальдегид	0,035	0,009	0,017	0,13
Соединения свинца	0,001	0,016	0,0309	8,25

Распространение вредных веществ в городской атмосфере представляет собой сложную задачу, так как зависит от очень большого числа параметров: метеорологического режима, рельефа, наличия водных объектов и открытых пространств, плотности и характера застройки и т. д. При расчете рассеивания выбросов от автотранспорта и определения концентрации токсичных веществ на различном удалении от проезжей части используется модель нормального (Гауссового) распределения примесей в атмосфере. Для автомобильных дорог, представляющих собой линейный источник выбросов, распределение рассматривают только в направлении перпендикулярном оси дороги. Если ветер дует со скоростью V под углом φ к оси трассы, то выражение для определения концентрации i -го вещества в воздухе определяется по формуле

$$c_i = \frac{2M_i^{\text{II}}}{\sqrt{2\pi} \sigma V \sin \phi} + F, \quad (2)$$

где M_i^{II} – мощность эмиссии, г/(м·с); σ – стандартное отклонение Гауссового рассеивания, зависящее от расстояния от оси дороги, м; V – скорость ветра, м/с; ϕ – угол между направлением ветра и осью трассы (при $\phi < 30^\circ$, $\sin \phi = 0,5$); F – фоновая концентрация загрязнения воздуха, г/м³.

Данные по направлению и скорости ветра были взяты с метеостанции, расположенной в Центральном районе Красноярска. Метеорологическая информация поступает с метеостанции в режиме реального времени и доступна на сайте Красноярского отделения Росгидромета. На рис. 3. представлены метеорологические параметры, зафиксированные во время проведения наблюдений за транспортным потоком и взятия проб воздуха на посту.

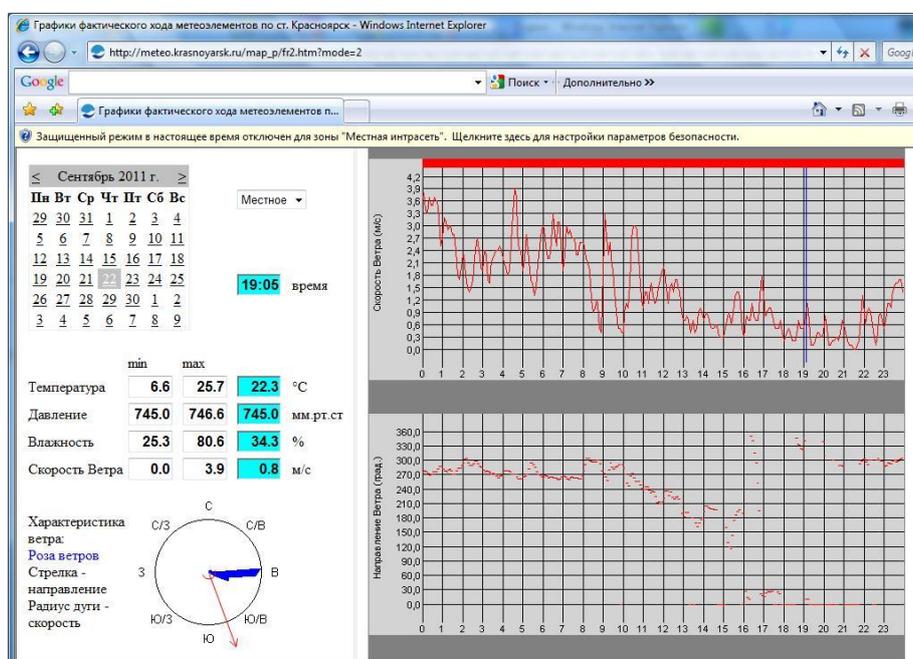


Рис. 3. Данные с метеорологической станции в Центральном районе г. Красноярска

Сравнение расчетных значений концентраций вредных выбросов с данными из справки о состоянии загрязнения воздуха указывает на существенные расхождения между расчетными и измеренными величинами. По «Методике определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов» значения концентрации диоксида азота превысили предельно допустимые максимально разовые значения в 4,19 раза (табл. 2), тогда как приборами в рассматриваемый период времени не было зарегистрировано значений, превышающих ПДК_{мр}. Одна из причин такого расхождения связана с быстрым рассеянием вредных ве-

ществ, так как пост установлен на хорошо проветриваемой территории – на границе между городской застройкой и открытым пространством в долине реки Качи. Фактические концентрации выбросов от автотранспорта на застроенной территории могут оказаться значительно больше, чем измеренные значения на посту.

Пункт наблюдений расположен у Т-образного нерегулируемого перекрестка, на котором наблюдается сложное движение автотранспорта. При образовании очереди перед светофором на перекрестке ул. Сурикова с ул. Марковского, особо нетерпеливые водители, двигающиеся со стороны моста через реку Качу, съезжают на примыкающую дорогу с целью выезда на ул. Парижской Коммуны. Образование нового транспортного потока, поворачивающего налево, периодически подпирает поток, идущий по встречной полосе улицы. Такое движение транспорта характеризуется резким изменением скоростей всего транспортного потока и отдельных машин, что сказывается на объемах выбросов от двигателей. Изменение скоростей движения автотранспорта в виде случайного процесса не укладывается в рамки применяемой нормативной методики определения эмиссии выбросов автотранспорта, следовательно, для более достоверной оценки объемов выбросов требуется применение компьютерного моделирования транспортного потока с учетом случайных факторов.

УДК 624.15

ЦЕЛЕВЫЕ ФУНДАМЕНТЫ

Ю.С. Гапиенко, Н.И. Гулевич
Научный руководитель О.М. Преснов
Сибирский федеральный университет

В современном строительстве применяются различные типы фундаментов и технологии их устройства. Но они далеко не идеальны, несмотря на их высокую изученность. Так, например, к недостаткам фундаментов на естественном основании можно отнести трудоемкость их возведения (большой объем земляных работ и установка опалубки), передачу нагрузки на основание только через подошву фундамента (что приводит к перерасходу арматуры, бетонов высококлассных марок и, соответственно, удорожанию строительства).

Для решения данных проблем были проведены исследования проектными и научно-исследовательскими институтами для разработки прин-

ципиально новых конструкций, позволяющих устранить недостатки традиционно применяемых фундаментов. Возникла идея применения уже хорошо изученного метода «стена в грунте» для возведения фундаментов мелкого заложения, а не глубоких подземных стен, как раньше. Так возникло понятие «щелевые фундаменты», которые также именуют «траншейными». Но в отличие от фундаментов, устраиваемых традиционным методом «стена в грунте», щелевые фундаменты являются и несущими и ограждающими конструкциями, воспринимая все различные виды нагрузок.

Щелевые фундаменты могут быть столбчатыми или ленточными различной конфигурации под колонны и стены зданий и сооружений в монолитном или сборном исполнении – в зависимости от типа грунта, проектируемого здания или сооружения, наличия определенной техники и т. д. По глубине заложения они могут быть мелкие и глубокие. Щелевые фундаменты мелкого заложения в России начали развиваться и применяться в начале 80-х г. прошлого века, а глубокого заложения получили наибольшее развитие за рубежом – в Германии, Франции, Италии, Англии.

В связи с наименьшей трудоемкостью возведения по сравнению с традиционными типами в соответствующих условиях щелевые фундаменты нашли широкое применение в малоэтажном строительстве. Их можно также использовать при реконструкции действующих предприятий в стесненных условиях и, особенно в условиях, когда динамические воздействия противопоказаны, а также вблизи существующих зданий, сооружений и коммуникаций. Это относительно новая конструкция оснований, которая имеет ряд преимуществ.

Во-первых, это снижение трудоемкости работ и затрат на опалубку, так как бетонная смесь укладывается непосредственно в траншею. Но в связи с этим, щелевой фундамент применяется в основном в связных грунтах, не допускающих осыпку стенок траншеи – глинистых. Во-вторых, это восприятие конструкцией фундамента больших нагрузок от дома, так как он имеет хорошее боковое сцепление с поверхностью грунта благодаря неровностям бортов траншеи и плотной укладки бетона. В обычных ленточных фундаментах весь вес с дома передается на основание через подошву, а сопротивление грунта обратной засыпки не берется в расчеты.

Однако, несмотря на все свои преимущества, щелевые фундаменты распространены не так широко, поскольку мало известны в отличие от традиционных. Технология их строительства еще не отработана, не выбран нормокомплект механизмов, не приведены достаточные экономические обоснования. Поэтому необходимо знать особенности проектирования их конструкций, чтобы наилучшим образом использовать все достоинства данного типа фундаментов.

Чтобы получить экономичную конструкцию, во внимание принимаются и грунтовые условия: во всех расчетах также учитывается возможность сопротивления грунта по подошве и по боковой поверхности. Но это возможно далеко не в каждом инженерно-геологических условиях. При заложении щелевого фундамента дома чуть ниже глубины возможного промерзания, при его расчетах учитываются деформации осадок и устойчивость под воздействием касательных сил пучения. В случае, когда применяются щелевые фундаменты мелкого заглубления в грунтах, имеющие пучинистую структуру, кроме вышеперечисленных расчетов необходимо провести и расчеты по возможному деформированию пучения. Если при определении размеров подошвы щелевых конструкций применяют возможное сопротивление грунта, которое рассчитывается с учетом физико-механических характеристик, то оседать он будет в нормальных допустимых пределах и другого расчета требоваться не будет.

При прокладке заглубленных щелевых фундаментов расчеты производят в основном на устойчивость, а при мелкозаглубленных – на устойчивость и возможность деформации пучения.

Для скальных оснований зданий и сооружений главным является расчет по второй группе предельных состояний (по деформациям), а для конструкций фундаментов – по первой группе (по несущей способности). Это связано с тем, что грунты основания могут испытывать большие деформации без потери несущей способности, в то время как конструкции фундаментов разрушаются, как правило, при небольших деформациях.

Щелевой фундамент и его основание рассчитываются по аналогии со свайными фундаментами по предельным состояниям двух групп: по первой группе – по прочности конструкции фундамента и по несущей способности грунта основания и по второй группе – по осадкам оснований и по образованию и раскрытию трещин в элементах железобетонных конструкций.

При предъявлении к фундаментам дополнительных требований и в особых случаях выполняют расчет оснований по первой группе предельных состояний, а фундаментов – по второй. Для оснований такие расчеты выполняют при слабых водонасыщенных или скальных грунтах: если сооружение расположено вблизи откоса или на основании передаются значительные горизонтальные нагрузки.

На несущую способность щелевого фундамента в значительной мере оказывает влияние соотношение толщины щелей a и расстояния между ними c . Оптимальным является отношение $2a/c = 0,7 \dots 0,2$.

Таким образом, применение щелевых фундаментов в соответствующих условиях позволяет рационализировать строительный процесс и снизить стоимость возведения за счет сокращения расхода материалов и трудоемкости работ.

НАБИВНЫЕ СВАИ В ПРОБИТЫХ СКВАЖИНАХ

К.А. Грязнухина, О.В. Деревянных
Научный руководитель О.М. Преснов
Сибирский федеральный университет

В последнее время с каждым годом усложняются условия строительства. Новое строительство ведется на территориях с более сложными инженерно-геологическими и гидрогеологическими условиями (слабые грунты, неблагоприятные инженерно-геологические процессы). Помимо этого в активно растущих городах возникает проблема строительства рядом с уже существующей застройкой. Появляется потребность использования фундамента, который бы оптимально взаимодействовал с грунтом основания и позволял возводить здания и сооружения в непосредственной близости от застроенных участков. Этим требованием соответствует фундамент в уплотненном грунте. К данному направлению в фундаментостроении относятся фундаменты глубокого заложения, выполняемые из набивных свай в пробитых скважинах.

В зависимости от метода устройства скважины различают набивные сваи в скважинах, образованных забивкой:

- сердечников (сваи «Компрессоль»);
- инвентарных труб, нижний конец которых закрыт оставляемым в грунте башмаком (сваи «Симплекс», «Харлей Эббот», «Франкиньюль», «Ридлей», сваи «Макартура» без оболочки, частотрамбованные сваи, сваи «Вибреск» и «Супер-Вибреск»);
- оболочек, оставляемых в грунте (сваи Штерна, сваи Маста, сваи Пирлесса, сваи Раймонда);
- инвентарных труб, нижний конец которых закрыт бетонной пробкой (сваи «Франки»).

Технология изготовления набивных свай в пробитых скважинах в общем случае включает три операции. Скважину под сваю выполняют ударным способом с помощью специального навесного оборудования на грузоподъемных и других машинах путем погружения обсадной трубы или без нее свободным сбрасыванием пробивного снаряда. После достижения необходимой глубины забой скважины заполняют щебнем или жестким грунтовым материалом и трамбуют, получая уширение нижней части ствола сваи. В завершение оставшуюся часть скважины заполняют бетонной смесью и уплотняют её трамбовкой с плоской рабочей поверхностью.

Таким образом, высокая эффективность применения свайных фундаментов из набивных свай в пробитых скважинах определяются и характеризуются тем, что:

- в процессе пробивки скважин вокруг и под ними образуются уплотненные зоны грунтов с повышенными значениями их прочностных и деформационных характеристик;

- путем втрамбовывания в дно пробитой скважины жесткого грунтового материала или сухой бетонной смеси образуется уширенное основание диаметром, превышающим диаметр скважины до 1,5-2 раз;

- передача нагрузки от свай на грунт основания как по их подошве, так и по боковой поверхности происходит вначале на более прочный, а затем – менее прочный грунтовой материал при одновременном последовательном увеличении площади взаимодействия более прочного материала с менее прочным.

Благодаря отмеченному выше, наиболее полно используется несущая способность грунтов основания и материала свай. В частности, по сравнению с забивными железобетонными сваями несущая способность бетона свай в пробитых скважинах с уширенным основанием повышается до 2-3 раз.

В зависимости от особенностей грунтовых условий площадок строительства свайные фундаменты и упрочненные основания из набивных свай в пробитых скважинах целесообразно применять в хорошо уплотняющихся глинистых и иногда песчаных грунтах с низкими значениями плотности, прочностных и деформационных характеристик, с влажностью, близкой к оптимальной. Так как при плотных грунтах или при их низкой влажности пробивка затруднена, а во влажных пылевато-глинистых грунтах пробивной заряд засасывается в грунт, что затрудняет его извлечение. Из этого следует, что возможность применения данного способа образования скважины для набивных свай должна быть установлена на стадии инженерно-геологических изысканий.

Помимо особенностей грунтовых условий площадок строительства, область применения свайных фундаментов и упрочненных оснований определяется конструкциями проектируемых зданий и сооружений, нагрузками на фундаменты, а также влиянием динамических воздействий при пробивке скважин и выполнении уширенных оснований на близкорасположенные существующие здания и сооружения окружающей застройки.

Расчет свайных фундаментов из набивных свай в пробитых скважинах и их оснований должен выполняться в соответствии с ГОСТ 27751 по предельным состояниям, учитывая при этом прочность материала свай, несущую способность грунта основания свай, осадки оснований свай и свайных фундаментов от вертикальных нагрузок, перемещение свай совместно с грунтом основания от действия горизонтальных нагрузок и моментов,

образование или чрезмерное раскрытие трещин в элементах железобетонных конструкций свайных фундаментов. В расчетах оснований следует одновременно учитывать не только нагрузки от проектируемых зданий и сооружений, но и, что не менее важно, возможное неблагоприятное влияние внешней среды, приводящее к изменению физико-механических свойств грунтов (например, под влиянием поверхностных и подземных вод).

Таким образом, набивные сваи в пробитых фундаментах должны проектироваться на основе и с учетом:

- результатов инженерных изысканий для строительства;
- сведений о сейсмичности района строительства;
- данных, характеризующих назначение, конструктивные и технологические особенности сооружения и условия его эксплуатации;
- действующих на фундаменты нагрузок;
- условий существующей застройки и влияния на нее нового строительства;
- экологических требований;
- технико-экономического сравнения возможных вариантов проектных решений для принятия варианта, обеспечивающего наиболее полное использование прочностных и деформационных характеристик грунтов и физико-механических свойств материалов фундаментов.

Применение данного типа свай имеет ряд преимуществ:

- возможность изготовления любой длины;
- отсутствие значительных динамических воздействий при устройстве свай;
- применимость в стесненных условиях;
- применимость при усилении существующих фундаментов.

Строительство объектов на сваях в пробитых скважинах ведется во многих городах России, в том числе и Красноярске. Только за 1989 г. было применено около 1 тыс. свай в пробитых скважинах, а с 1988 по 1991 г. построено около 20 зданий с этим типом фундамента. Характерными современными тенденциями в области устройства набивных свай являются следующие: повышение несущей способности этих свай путем увеличения площади их опирания на грунт; применение коротких набивных свай (2,5–6 м) в массовом жилищном строительстве; создание специализированных строительных организаций, выполняющих работы по устройству набивных свай.

Однако говорить о широком использовании таких фундаментов не приходится, вследствие ограниченной области применения, отсутствия по ним соответствующих рекомендаций и требований по их проектированию и устройству этих видов фундаментов и оснований.

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ ГРУНТОВ

Н.А. Макарова, М.С. Разумчик
Научный руководитель О.М. Преснов
Сибирский федеральный университет

В течение длительного времени основным методом оценки строительных свойств грунтов были лабораторные исследования, техника которых непрерывно совершенствовалась. Однако результаты лабораторных исследований не всегда правильно характеризуют строительные свойства грунтов.

Использование полевых методов исследования строительных свойств грунтов приобретает все более широкое распространение. Это объясняется тем, что полевые методы исследований дают возможность, во-первых, исследовать свойства таких грунтов, образцы которых практически невозможно отобрать для испытания в лаборатории, и, во-вторых, более полно оценить строительные свойства грунтов, образцы которых испытаны в лаборатории. Полевые испытания позволяют изучить физико-механические свойства грунтов и провести измерение сопротивления грунтов в естественных условиях и непосредственно на месте будущего строительства.

К полевым методам исследований относят те испытания в полевых условиях, которые моделируют процессы, возникающие при нагружении оснований или соответствующие предельным состояниям при работе оснований. Такими методами являются испытания грунтов штампами для определения модуля деформации, испытания на сдвиг целиков грунта для определения параметров сопротивления сдвигу, зондирование грунтов (динамическое и статическое), вращательный срез в скважинах и определение модуля деформации грунта с помощью прессиометрических испытаний.

Однако полевые исследования грунтов, особенно в России, до сих пор выполняются «дедовскими» методами, т. е. с механическими измерительными устройствами, с записью данных опыта вручную. Они подвержены субъективным факторам в плане точности измерений и поддержании заданного режима опыта. Внедрение в полевые исследования грунтов электронных датчиков, цифровой регистрации данных опыта и автоматического регулирования хода опыта позволяет проводить испытания с повышенной точностью. Ниже рассмотрены следующие современные установки, применяемые в полевых условиях.

Установка статического зондирования грунта УЗК-15

Данная установка на базе вездеходного шасси автомобиля КамАЗ 43118. Назначение установки УЗК-15 заключается в выполнении статического зондирования грунтов при производстве инженерно-геологических изысканий.

Зондирование выполняется зондом II типа с применением регистратора «ПИКА-17». Информация с регистратора автоматически передается на ноутбук, что позволило исключить «человеческий фактор» снятия показаний, одновременно предоставив машинисту больше времени на контроль качественного погружения зонда.

К отличительным особенностям установки УЗК-15 относят:

за счет общего веса установки, без дополнительной анкеровки, имеется возможность создавать давление на зонд до 16 тн, что позволяет достигать глубину зондирования до 40 м;

усилие на измерительный зонд передается механизмом из трех гидrocилиндров, с размещением зонда в центре треугольной измерительной головки;

конструкция вдавливающего устройства позволяет смонтировать над измерительной головкой специальный вибратор, с помощью которого можно проходить слои плотных грунтов;

в фургоне смонтировано телескопическое цилиндрическое направляющее устройство, которое направляет и защищает зонд от случайного изгиба между основанием фургона и поверхностью земли.

Комплект автоматизации полевых испытаний грунтов КАП1

Комплект автоматизации пневматический КАП1 предназначен для использования с прессиометрами ПЭВ-89МК и штампами ШВ60. Комплект КАП1 позволяет полностью автоматизировать процесс выполнения полевых испытаний грунтов прессиометрами или штампами, сохранить и обработать результаты испытаний. Использование комплекта КАП1 позволяет существенно снизить трудоёмкость при проведении опытных полевых работ и повысить достоверность результатов испытаний.

Для проведения испытания грунтов прессиометром ПЭВ-89МК с комплектом КАП1 прессиометр устанавливают в скважину на отметку испытания. В ресивер закачивают воздух до давления 600-1000 кПа. Пневмоблок подключают к аккумуляторной батарее и устанавливают на стенд вблизи точки испытания.

Ноутбук через адаптер подключают к бортовой сети автомобиля или сети 220 В, к USB-порту ноутбука подключают модуль Bluetooth и запускают ПО Pneumator.

В процессе проведения испытания на мониторе в графическом и численном виде отображаются результаты испытания, которые одновременно сохраняются в базе данных программы.

После завершения опыта программа позволяет обработать опытные данные, в соответствии с ГОСТ 20276-99, и подготовить отчёты по результатам испытаний.

Для выполнения штампового опыта (штампы III и IV типов, площадью 600 см²) с комплектом КАП1 выполняют установку штампа на отметку испытания. Далее, выполняют монтаж анкерной и реперной систем, нагрузочного стола и пневмоцилиндра.

В ресивер закачивают воздух до давления 600-1000 кПа. На нагрузочном столе закрепляют измерители перемещений комплекта регистрации КРП1 и соединяют их с пневмомагистралью. Пневмоблок подключают к аккумуляторной батарее и устанавливают на стенд вблизи точки испытания.

После завершения опыта программа Pneumator позволяет обработать опытные данные, в соответствии с ГОСТ 20276-99, и подготовить отчёты по результатам испытаний.

Штамп горячий (ШТАМП 5000Т).

Штамп 5000Т относится (согласно классификации ГОСТ 20276-99) к I типу и предназначен для определения в полевых условиях следующих характеристик деформируемости мёрзлого грунта: коэффициента оттаивания A_{th} , коэффициента сжимаемости m и модуля деформации E .

К нижней поверхности штампа жёстко закреплена тепловая плита, внутри которой расположен кольцевой нагревательный элемент, выполненный в виде плоской спирали из медной трубки, по которой циркулирует теплоноситель. В качестве устройства для нагрева теплоносителя используется отопительный котёл газового или электрического типа, который обеспечивает циркуляцию и нагрев теплоносителя до заданной температуры.

Для испытаний мёрзлого грунта в шурфе на поверхность мёрзлого грунта устанавливают штамп, монтируют силовую и реперную системы. Вблизи места испытания располагают вагончик с оборудованием и собирают гидросистему штампа. Затем выполняют операции заполнения гидросистемы и запускают отопительный котёл. Устанавливают необходимую температуру теплоносителя.

В процессе оттаивания грунта под бытовым давлением измеряют осадку штампа (1-й этап испытаний). После оттаивания грунта на необходимую глубину (примерно 40 см) выполняют испытания на сжимаемость путём нагружения штампа ступенчато-возрастающей нагрузкой (2-й этап испытаний).

После испытания выполняют демонтаж силового оборудования и операции по перекачке теплоносителя в монжус для хранения.

Для работы отопительного котла требуется электрическая мощность не более 250 Вт, поэтому при отсутствии электрических сетей вполне можно обойтись бензиновым генератором минимальной мощности (0,5-1,0 кВт).

Электровоздушный радиальный прессиометр ПЭВ-89МК.

Прессиометр электровоздушный ПЭВ-89МК предназначен для полевых испытаний грунтов в скважинах боковым давлением. Система измерения деформаций стенок скважины – электрическая, с индуктивными датчиками перемещений. Система создания давления пневматическая, с редукционным клапаном и ресивером для стабилизации величины давления на ступени. Измерение давления в зонде электрическим манометром и образцовым манометром класса точности 0,4. Измерительный прибор (контроллер) – цифровой, двухканальный (датчики перемещений и датчик давления) с функциями сохранения и передачи опытных данных в ПК для обработки.

Результаты испытаний используются для определения деформационных характеристик нескальных, немерзлых грунтов (модуля деформации грунта).

Прессиометр ПЭВ-89МК состоит из зонда с эластичной полиуретановой оболочкой, в сборе с пневмомагистралью и датчиком давления, ресивера, манометрической головки, с редукционным клапаном, измерительного прибора (контроллера ТЕСТ-ПРК) и страховочного троса.

Измерительный прибор – контроллер ТЕСТ-ПРК имеет четыре управляющих клавиши, цифровой дисплей, разъем для подключения к манометрической головке, разъем для подключения внешнего питания и разъём для передачи опытных данных в ПК.

Зонд прессиометра опускают в скважину, на отметку испытания. В ресивер, посредством автомобильного или любого другого насоса, закачивают воздух, манометрическую головку подключают к ресиверу. К пневмомагистрали зонда подключают измерительный прибор (контроллер). В контроллер вводят параметры для проведения опыта. Использование контроллера для сохранения результатов устраняет возможные ошибки оператора в процессе испытания и существенно сокращает трудоёмкость работ. В контроллере можно сохранять результаты 10-30 опытов.

После завершения опыта данные из контроллера передаются в ПК для обработки, по программе PressPW.MA.

Вышеизложенное приводит к заключению, что достоверное определение характеристик деформируемости, расширение диапазона показателей свойств грунтов, которые получает проектировщик по результатам инженерно-геологических изысканий является одной из важнейших геотехнических проблем при строительстве. Применение нового оборудова-

ния для полевых методов испытаний грунтов позволяют существенно снизить риски при строительстве, связанные с осадками фундаментов и потерей устойчивости зданий.

УДК 625.7

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ НАДЗЕМНОГО ПЕШЕХОДНОГО МОСТА

М.А. Рубикс, А.А. Лаумакис
Научный руководитель В.О. Егорушкин
Сибирский федеральный университет

Рост количества транспортных средств на дорогах города Красноярска привел к увеличению количества дорожно-транспортных происшествий с участием пешеходов. Ежегодно на дорогах Красноярска погибает несколько десятков человек. Так, за 10 месяцев 2011 г. в ДТП погибли 99 человек, 1763 – получили травмы различной степени. Проанализировав статистические данные, можно сделать вывод, что в большинстве случаев виновниками дорожно-транспортных происшествий оказываются водители.

Но это не всегда так. При числе полос движения на улице больше четырех в обоих направлениях пешеход, стоящий на тротуаре, хорошо заметен водителям транспортных средств, движущихся только по крайним полосам. В сумерки и темное время суток на слабоосвещенных переходах в одном уровне пешеход совсем не заметен.

Одним из путей решения данной проблемы может быть исключение наземных пешеходных переходов на многополосных проезжих частях городских улиц и дорогах. Устройство надземных пешеходных переходов может решить эту проблему.

Однако имеющиеся проектные решения по устройству железобетонных и металлических надземных пешеходных мостов не отличаются архитектурной привлекательностью. Рассчитанные на продолжительный срок службы на 50-100 лет они имеют массивные балки и опоры, не вписывающиеся в облик современного города. Одним из примеров является пешеходный переход на пересечении улицы Маерчака и проспекта Свободный.

История мостов такова, что до недавнего времени статус пешеходного могли получить только автомобильные мосты, после полного морального износа и частичного физического. Другими словами, только тогда, когда мост не мог выдержать поток автомобилей, его признавали пешеходным. Но и в этом случае выделенной зоной для людей оставались узкие полосы

тротуара вдоль дорог. Реконструировать и модернизировать такие мосты никто никогда не решался. И только в 20 в. строительство мостов достигло того уровня, когда в отдельную категорию выделились пешеходные мосты. Новые мосты строились не только с учетом гармоничного сочетания с архитектурой города, но и с тем, чтобы предоставить возможность пешеходам насладиться прогулкой.

Современное строительство мостов в последнее время достигло необыкновенных высот. Сегодня мосты не просто являются надежным средством преодоления сложных элементов поверхности земли, но и являются очень легкими и надежными конструкциями. Деревянные мосты могут быть самыми разными – арочные, балочные, рамные, висячие, а также комбинированные мосты разного назначения (однопролетные и многопролетные, подъемные и разводные, на плавучих опорах, разборные, цепные и канатные, одноярусные с железными и (или) автомобильными дорогами на общем или раздельном строении, двухъярусные и мосты – путепроводы).

В связи с тем, что нагрузка на пешеходные мосты минимальна, конструкторы, архитекторы и дизайнеры никак не ограничены в выражении своих способностей. В качестве материала для строительства моста может использоваться как железобетон, дерево, так и легкие синтетические материалы. В результате дизайн мостов получается оригинальным, воздушным.

Дерево как материал для возведения мостов использовалось еще с незапамятных времен. Для возведения деревянных мостов чаще всего используют хвойные породы дерева, в частности сосны. Это объясняется тем, что сосна имеет ровный и толстый ствол без сучков и при этом достаточно устойчива к негативному воздействию окружающей среды.

Строительство мостов в современном мире возможно из бревен, брусьев, досок, брусков, лежня, четвертины, жерди или распила. Недостатки и преимущества деревянных мостов в первую очередь обуславливаются свойствами материала, из которого они возведены. Итак, среди достоинств важно отметить большое количество сырья для строительства и ремонта, высокую прочность при небольшой плотности и небольшие затраты труда на механическую обработку при строительстве.

Деревянные мосты имеют недостатки, среди которых неустойчивость древесины перед влиянием гнили, грибков и насекомых. Подверженность возгоранию и изменение своих физико-механических свойств под воздействием климатических условий. Для устранения перечисленных недостатков применяются конструктивные меры и химическая обработка древесины. За все время использования деревянных мостов архитектура их менялась, совершенствовалась. На рис. 1 представлена одна из конструкций деревянных мостов.

Дизайн деревянных мостов поистине уникален. Они редко поддавались художественной обработке, по причине того, что дерево само по себе

в основе конструкции является выразительным и четким. Деревянный мост очень гармонично вписывается в природу, являясь ее частью. Деревянные мосты имеют особенность: они соединяют не только берега рек или края пропасти, но и поколения, а также человека с природой.

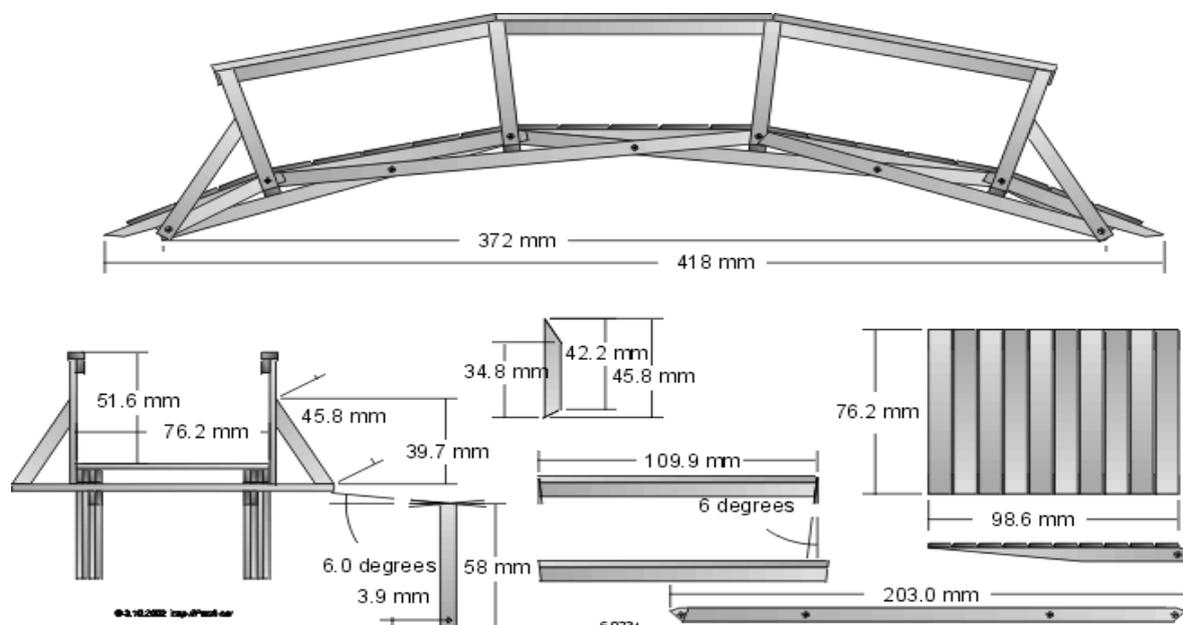


Рис. 1. Конструкция деревянного пешеходного моста

УДК 625.731.1

АНАЛИЗ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА НА МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ КАНСК – АБАН – БОГУЧАНЫ НА УЧАСТКЕ НОВОХАЙНСКИЙ – КАРАБУЛА

Н.А. Сафаров
Научный руководитель **В.В. Серватинский**
Сибирский федеральный университет

Реконструкция земляного полотна данного участка автомобильной дороги велась старым и проверенным методом, когда грунт с обочин и откосов старой насыпи снимают и перемещают за границу полосы отвода. Перед отсыпкой дополнительных слоев поверхность существующего земляного полотна должна быть разрыхлена. На насыпях высотой более 2 м, возводимых из недренирующих грунтов, устраиваются уступы высотой 1-1,5 м, шириной 1,5-2 м. На данном участке для возведения насыпей ис-

пользуются грунты, полученные от срезки существующего земляного полотна и грунты карьера «Еманчет» (щебенисто-скальный грунт). Грунты выемок представлены суглинком полутвердым пылеватым с включением дресвы до 10 %; дресвяно-щебенистым грунтом с песчаным заполнителем и глиной твердой легкой пылеватой.

Уплотнение грунта насыпи из связных грунтов осуществлялось самоходными катками на пневмошинах массой 25 т при толщине слоя 0,25 м и 10 проходах по одному следу. Уплотнение дренирующих грунтов производится теми же катками массой 25 т при толщине слоя 0,3 м и 8 проходах по одному следу.

Для обеспечения устойчивости земляного полотна предусмотрена нарезка уступов на откосах существующей насыпи при ее высоте более 2 м.

Мерзлотные условия района характеризуются положением его у южной границы распространения многолетнемерзлых пород делювиально-элювиальными грунтами, встречаются линзы мерзлых пород, расположенные в пониженных, сильно залесенных и затененных участках. Характеризуются многолетнемерзлые грунты массивной, реже тонкошлировой редкослоистой и сетчатой текстурой. Многолетнемерзлые грунты встречены на пониженных и заболоченных участках в интервале глубин 3,5-7,2 м, в местах замены труб. Залегающие в зоне сезонного промерзания делювиально-элювиальные супеси и суглинки по показателю консистенции являются слабопучинистыми при промерзании. Мерзлота вертикально слоистая: лед в виде кристаллов (толщина слоя льда от 1 до 4 мм) распространен по одной субвертикальной трещине. При оттаивании грунт полутвердый пылеватый.

На заболоченном участке ПК 152+50 – ПК186+50 для армирования верха земляного полотна предусмотрена укладка геосетки марки ССНП – Нефтегаз 50/50-25 по СТО 00205009 – 001 – 2005. Использование геосетки позволит повысить несущую способность, исключить образование колеи, увеличить межремонтный срок службы дорожной одежды. Эта технология очень хороша в плане сохранения прочности, недостатком этой технологии является весьма большая стоимость и в результате данный технологический процесс дорогостоящий. Еще один минус, большие затраты на транспортировку к месту работ и монтаж, в остальном очень эффективный метод и практически очень распространён.

Есть возможные альтернативы использованным методам, они не настолько трудоемки, как технология использования геосетки, но они не могут обеспечить столь надежную несущую способность, как применяемый метод.

В последние годы успешно применяют новые конструкции перехватывающих дренажей из сплошных гофрированных пластмассовых или

алюминиевых вертикальных водопроницаемых листов, в нижней части которых расположена дренажная труба. Они могут обеспечить осушение массива грунта на высоту до 3 м. В этом случае отсутствует необходимость в устройстве с низовой стороны водонепроницаемого экрана, что значительно снижает стоимость устройства дренажа. Применение пластмассовых листов существенно усиливает процесс осушения земляного полотна. Производительность работ повышается при этом примерно в 2,5-3 раза из-за отсутствия необходимости в устройстве обратных фильтров. Для повышения модуля упругости земляного полотна возможны следующие мероприятия: замена песком оглеенного грунта или укрепление различными вяжущими материалами верхней части земляного полотна; устройство теплоизоляционного слоя или гидроизолирующей и паронепроницаемой прослойки; устройство системы дренажа грунтовых вод и дренажа мелкого заложения т. д.

Причиной большинства деформаций земляного полотна является его избыточная влажность. Поэтому при реконструкции дорог особое внимание уделяют предохранению земляного полотна от увлажнения путем совершенствования систем отвода поверхностных и грунтовых вод. По особенностям технологии выполнения работ по реконструкции земляного полотна и системы водоотвода можно разделить две группы:

- работы, технология выполнения которых не отличается от технологии возведения земляного полотна при строительстве новых дорог;
- работы, технология выполнения которых отличается от технологии работ при строительстве дорог.

К первой группе относятся выполняемые в процессе реконструкции работы по поднятию земляного полотна на сырых, подтопляемых и снегозаносимых участках, по устройству земляного полотна и водоотвода на площадках для остановки, стоянках автомобилей, площадках для отдыха, по устройству новых дренажей, системы водоотвода, осушительных канав, берегозащитных и противозерозионных сооружений. К этой же группе можно отнести работы по восстановлению размытых и разрушенных участков дорог, срезку откосов выемок, устройство аккумуляционных полок в выемках и ряд других работ.

Ко второй группе относятся выполняемые в процессе реконструкции работы по исправлению параметров земляного полотна на участках смягчения продольного профиля, обеспечению видимости в продольном профиле и плане. К этой же группе можно отнести работы по восстановлению земляного полотна на участках пучинообразования, укрепительные и другие работы, обеспечивающие устойчивость существующего земляного полотна.

Для обеспечения требуемой теплоустойчивости используются плиты пенополистирольные с модулем упругости 15-18 МПа, которые удовлетво-

ряют требованиям, предъявляемым к пенопластам для использования в дорожной одежде. Их рекомендуется использовать в качестве теплоизолирующего слоя дорожной одежды в зоне многолетнемерзлых грунтов для сохранения основания насыпи или ее нижней части совместно с основанием в мерзлом состоянии, а также во II и III дорожно-климатических зонах для недопущения промерзания грунтов земляного полотна и исключения таким образом морозного пучения.

Анализ обеспечения устойчивости показал, что используемые методы обеспечивают нормативные показатели, и соответствуют всем требованиям.

Строительные материалы и технологии строительства

УДК 69.057.7.621.873

АНАЛИЗ ПРИЧИН АВАРИЙ БАШЕННЫХ КРАНОВ

М.М. Васильева, Е.А Рыжакова
Научный руководитель Е.Ю. Гуменная
Сибирский федеральный университет

Башенные краны уже много десятков лет являются составной частью пейзажа больших и средних городов, без башенного крана не мог быть построен ни один многоэтажный дом. И сейчас, несмотря на новые технологии, применение башенных кранов в строительстве по-прежнему самое широкое. Но в последнее время привычный для всех строительный башенный кран из надежного и достаточно безопасного объекта городских стройплощадок превратился в объект повышенной опасности, который приводит к ранениям людей: рабочих, случайных прохожих, жителей домов, на которые обрушилась техника, а также к повреждению зданий и другого имущества, или даже к человеческим жертвам.

По данным Ростехнадзора в 2010 г. в России при эксплуатации подъемных сооружений произошло 48 аварий, в том числе 9 из них – при эксплуатации башенных кранов. В этих конкретных авариях пострадало 19 человек, 8 из которых получили смертельные травмы.

Анализ несчастных случаев, происшедших при эксплуатации грузоподъемных кранов, позволяет сделать вывод о том, что остался высоким уровень травматизма при эксплуатации мостовых (29,3 % общего числа смертельных случаев на кранах), автомобильных (29,3 %), башенных (18,7 %) и гусеничных (13,3 %) кранов. Следует отметить, что травматизм со смертельным исходом на башенных кранах снизился на 26 %, зато возрос уровень смертельного травматизма на мостовых, автомобильных и гусеничных кранах.

Башенный кран, по сравнению с другими видами подъемных механизмов, наиболее подвержен обрушению. Это объясняется особенностями его конструкции. При большой высоте он имеет незначительные колею (расстояние между рельсами кранового пути, как правило, не превышает 6 м) и базу (расстояние между осями ходовых тележек, расположенных на

одном рельсе, также не превышает 6 м). Поэтому башенный кран обладает высокой чувствительностью к условиям эксплуатации.

Безопасность эксплуатируемой строительной техники и, в первую очередь, такой сложной и тяжелой, как башенные краны – один из важнейших аспектов безопасности всей строительной отрасли.

По информации Ростехнадзора, основные причины аварий при работе с грузоподъемной техникой:

- **эксплуатация технически неисправных башенных кранов.** Проблема уходит своими корнями в начало 90-х гг., когда наблюдалось резкое снижение объемов строительства, а затем последовал их достаточно значительный рост. Краны за ненадобностью выводились из эксплуатации и консервировались. В то же время резкий рост объемов строительства в конце 90-х гг. привел к дефициту грузоподъемной техники. Механизаторы с трудом удовлетворяли спрос строителей на краны, на стройплощадках появилось много старого, давно требующего списания, оборудования. Зачастую дефицит пополнялся поддержанной техникой, приобретенной в других регионах и за границей.
- **нарушение техники безопасности при эксплуатации кранов.** Эксперты считают, что от 50 до 90 % аварий случаются по вине самих работающих. Здесь и халатное отношение персонала к технике безопасности, и нарушение технологических режимов эксплуатации кранов. Так, например, весьма печально может закончиться попытка оторвать от земли примерзший груз или груз, превышающий установленную норму. Машинисты либо не обращают внимания, либо отключают приборы безопасности, сигнализирующие о перегрузке. А нередко они работают с неисправными ограничителями грузоподъемности. Зачастую крановщики работают по две смены подряд, что приводит к хроническому недосыпу и усталости, потере элементарной внимательности.
- **недостаточная квалификация персонала.** Крановщик всегда считался элитой среди строительных рабочих, чтобы стать крановщиком башенного крана необходимо было закончить по специальности профессионально-техническое училище (а это несколько лет) и пройти стажировку у опытного крановщика. В настоящее время много ошибочных действий, приводящих к авариям, происходит в случае работы на стройплощадках неквалифицированного персонала. Тем не менее, часто можно видеть, что в помощь одному специалисту-стропольщику нанимаются несколько разнорабочих, которые в принципе не знакомы с особенностями этой работы.
- **нарушение сроков эксплуатации грузоподъемных кранов.** Башенный кран-машина достаточно долговечная и при перио-

дических регламентных и ремонтных работах прослужить может довольно долго. Но любая техника имеет свой предел жизни, когда никакой ремонт уже не спасает. Старый кран – это "усталость" металла, негодные тросы, старая автоматика. Чем кран старше, тем больше вероятность аварии в случае нарушения технологических режимов его эксплуатации. Срок службы кранов грузоподъемностью до 10 т при полуторасменной работе составляет 10 лет, а грузоподъемностью свыше 10 т 16 лет. Однако, в зависимости от интенсивности эксплуатации, состояние кранов сильно различается. Если срок службы крана, указанный изготовителем, истек, то закон "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" позволяет его владельцу продолжать его эксплуатацию. Для этого необходимо разрешение независимой экспертизы. Если техническое состояние крана будет признано удовлетворительным, срок службы продлевается Ростехнадзором, как правило, на 2 года. По истечении этого срока процедура повторяется, но не более четырех раз. Таким образом, срок службы крана может увеличиться еще на 10 лет, но не более. Практика показывает, что большинство строителей проводит проверку башенных кранов нерегулярно.

- **ошибки при монтаже и демонтаже крана, особенно импортного производства.** Часто монтажом импортной техники занимаются неквалифицированные рабочие, в принципе не знакомые с этой техникой. Нередки и такие случаи, когда документация на зарубежные краны не переведена на русский язык. Естественно, что в таком варианте, вероятность аварии значительно повышается.
- **ветер.** От сильного порыва ветра может упасть даже неработающий механизм, если он не будет закреплен противоугонными захватами;
- **проседание грунта.** Если пути крана устраивают на насыпном мёрзлом неутрамбованном грунте, то они могут «поплыть».
- **использование техники, непрошедшей проверки и сертификации.** На стройках городов работает нелегальная подъемная техника, ввезенная в страну под видом металлолома или запчастей, она не имеет ни сертификатов, ни разрешений к применению и не стоит нигде на учете. И чтобы выявить «нелегалов» нужны регулярные плановые проверки территориальными инспекторами строительных площадок. Тех сил, которые имеются сейчас в штате Ростехнадзора – недостаточно. На одного инспектора в среднем приходится около 800 учтенных механизмов, которые должны проверяться один раз в два года.

Вот только некоторые случаи падения кранов за последние 5 лет:

19.01.2007 г. Абакан.

На одной из стройплощадок в Абакане (Республика Хакасия) упал высотный кран, погиб крановщик. «Падение крана произошло на стрелу с высоты 25 м. В результате происшествия погиб крановщик», – рассказали в МЧС. По предварительным данным, кран упал из-за нарушения правил безопасности и эксплуатации при подъеме груза.

27.02.2007 г. Санкт-Петербург

При падении стрела крана прорубила панели четырех этажей и, пробив здание насквозь, вышла с другой стороны. Погибли три человека. Еще три человека, в том числе жилец дома и крановщик, были госпитализированы. По предварительным данным, причиной падения стало отсутствие автоматического отключения привода крана при подходе к краю кранового пути. После этого на всех стройках Северной Столицы была организована проверка всех работающих башенных кранов. Результатом проверки стало выявленное 81 нарушение, связанное с техническим состоянием или эксплуатацией кранов.

18.07.2007 г. Ульяновск

ЧП произошло в строящемся в центре Ульяновска когда шла установка крана. Оборудование новое, и рабочие только что закончили его монтаж. Крановщик начал выдвигать стрелу на высоту 80 м., чтобы узнать, хватит ли этого расстояния до здания. По неизвестной причине стрела «сложилась» и упала на здание. К счастью кран не переносил груз, и в результате происшествия никто не пострадал.

Осень 2007 г. Владимир

На строительстве 9-этажного жилого здания в самом центре города рухнул башенный кран. В результате погибла 54-летняя крановщица. Только по счастливой случайности не пострадали другие люди, не смотря на то, что кран упал прямо на проход для пешеходов, но в момент падения под краном не оказалось прохожих.

17.03.2008 г. Екатеринбург

Кран поднимал относительно легкий груз – штабель досок, когда лопнул трос противовеса. В кабине находился 46-летний крановщик, он скончался на месте. Упавший кран придавил и 33-летнего мастера участка. Еще двоих рабочих с ушибами и переломами госпитализировали в 23-ю горбольницу. Во время падения кабина угодила прямо на бетонный забор.

8.04.2008 г. Екатеринбург

Недалеко от пересечения улиц Радищева и Хохрякова в Екатеринбурге рухнул башенный кран. Как сообщает пресс-служба МТУ Ростехнадзора по Уральскому федеральному округу, в результате инцидента пострадавших нет. Специалисты МТУ Ростехнадзора считают причиной падения крана нарушение требований по перемещению строительного обо-

рудования. В частности, не была опущена стрела крана при его перемещении на рабочей площадке.

Апрель 2008 г. Прокопьевск (Кемеровская область)

Часть башенного крана опрокинулась и придавила кабину автокрана, машинист которого в результате ЧП погиб.

Май 2008 г. Екатеринбург

В один день произошло два чрезвычайных происшествия, связанных с башенными кранами: в первом случае произошло падение стрелы башенного крана (стрела зацепилась за опалубку на уровне 5-го этажа строящегося здания торгово-развлекательного центра), в результате было ранено двое строителей. Во втором случае, при выполнении подъемных работ на новостройке была сломана стрела башенного крана КБ-473. Обошлось без пострадавших.

Июнь 2008 г. Барнаул (Алтайский край)

Произошло падение башенного крана (марка КБ-403А). К счастью, на этот раз обошлось без человеческих жертв. Комиссия по техническому расследованию установила, что основными техническими причинами аварии явились перегруз крана на 63%, неисправность ограничителя грузоподъемности и тормоза грузовой лебедки крана.

Конец июля 2008 г. Самара

Строительный кран упал в центральной части города на одной из строек. Проводившие монтажные работы крановщик и электромеханик погибли. Перелом кисти руки получил находившийся на строительной площадке арматурщик.

11.11.2008 г. Великий Новгород

На стройплощадке в Великом Новгороде обрушился 40-метровый башенный кран. Крановщик от полученных ранений скончался. Рядом с местом падения крана находится многолюдный продуктовый и вещевой рынок. В том случае, если бы стрела крана упала на рынок, число пострадавших могло бы быть значительно больше.

17.11.2008 г. Ухта

На строящийся дом в Ухте упал башенный кран. Жертв нет. Как следует из комментариев очевидцев происшествия, каркас крана был покрыт ржавчиной и надломился у самого основания.

25.03.2009 г. Нижний Новгород

В результате падения башенного крана на жилой дом были повреждены четыре квартиры. В результате инцидента погибли два человека, в том числе годовалая девочка. Ранее спасатели извлекли из-под завалов тело 20-летней женщины. Еще одна пострадавшая, по предварительным данным, мать погибшей женщины, была травмирована и доставлена в областной центр травматологии и ортопедии. Причиной падения строительного крана могла стать ошибка при монтаже крана.

26.03.2010 г. Красноярск

Кран упал в разгар рабочего дня в микрорайоне Северный, перегородив проезжую часть в районе перекрестка улиц 9 Мая – Водопьянова и смяв стоявшие перед светофором автомобили. Итог строительного ЧП – шесть человек с травмами различной степени тяжести, девять разбитых автомобилей, разрушенное дорожное полотно и упавший светофор.

10.03.2011 г. Красноярск

На строительной площадке в микрорайоне Покровский упал башенный кран. В результате происшествия погибли три человека.

Анализ расследования аварий с башенными кранами свидетельствует о том, что аттестационные комиссии предприятий подходят формально к обучению и допуску к работе персонала, эксплуатирующего и обслуживающего технические устройства на опасных производственных объектах, что является грубейшим нарушением главы 5 «Общих правил промышленной безопасности для организаций, осуществляющих деятельность в области промышленной безопасности опасных производственных объектов (ПБ 03-517–02)». А в территориальных органах Ростехнадзора контроль за функционированием служб производственного контроля на поднадзорных предприятиях осуществляется формально, либо вообще отсутствует, что также является нарушением требований главы 9 ПБ 03-517–02 и положений о территориальных управлениях Ростехнадзора.

УДК 691.3.32

ПРИМЕНЕНИЕ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ В ТЕХНОЛОГИИ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

А.В. Константинова, Д.Д. Коханова
Научный руководитель В.А. Шевченко
Сибирский федеральный университет

Цветная металлургия – крупнейший потребитель минеральных ресурсов. Повышение полноты и комплексности использования сырья является одной из главных проблем технического прогресса в цветной металлургии, практическое решение которой связано с увеличением уровня производства металлов, объемов переработки отходов и охраной природы.

Красноярский завод цветных металлов объединяет комплекс по переработке драгоценных металлов: золота, платины, палладия, иридия, родия, рутения, осмия и серебра. В результате производственной деятельности заво-

да – процессе аффинажа платиновых металлов образуются маточные растворы, содержащие, в основном, ионы железа, натрия, аммония, хлора и сульфат-ионы. Жидкие отходы представляют собой высокоминерализованные стоки, которые содержат весь комплекс солей, используемых в настоящее время предприятием, а также катионы тяжелых металлов и железа, содержащиеся в сырье или используемые в технологическом процессе. Технология очистки таких стоков заключается в обработке известковым молоком, отдувке в газовую фазу аммиака и фильтрование пульпы. В результате обезвреживания образуется раствор, содержащий в основном хлориды натрия и кальция, а также твердый продукт (кек), состоящий в основном из сульфата кальция, гидроксидов железа и карбонатсодержащих компонентов. В настоящее время твердые отходы захораниваются в специальном хранилище, а стоки направляются на городские очистные сооружения.

По агрегатному состоянию кеки представляют собой пастообразную эластичную массу с влажностью 67...70 %. Технологичность кеков связана с их высокой дисперсностью, гомогенностью и относительным постоянством состава.

Анализ состава и свойств показал, что техногенные отходы, образовавшиеся в результате производственной деятельности, близки к природному сырью, а по технологическому качеству иногда и превосходят их.

Состав проб кеков определяли в лаборатории физико-химических исследований СФУ комплексным методом с использованием рентгенофазового, дифференциально-термического анализов. Результаты определения химического и минералогического состава кеков представлен в табл. 1.

Таблица 1. Химический и минералогический состав кеков

№ пробы	Содержание оксидов, масс. %			п.п.п.
	CaO	SO ₃	Fe ₂ O ₃	
1	23,45	12,63	16,73	20,7
2	30,83	10,88	15,36	20,4
3	24,15	13,59	16,90	21,2
4	27,68	12,78	17,41	21,5
5	28,44	15,66	21,43	20,8
6	23,22	28,36	16,24	21,9

Для изучения минералогического состава пробы подсушивались и измельчались в агатовой ступке до полного прохождения через сито №008. На дифрактограммах во всех пробах четко идентифицируются пики двухводного гипса (CaSO₄ · 2H₂O) и полуводного гипса (CaSO₄ · 0,5H₂O). Отмечено также присутствие в пробах кека карбоната кальция CaCO₃, обра-

зовавшегося в результате карбонизации $\text{Ca}(\text{OH})_2$ на воздухе. На дериватограммах исходных кеков имеются выраженные эндоэффекты с максимумами при 160...170 и 210...220 °С, характерными для ступенчатой дегидратации гипса, а также при 770 °С, обусловленной диссоциацией CaCO_3 .

Цель настоящих исследований заключалась в изучении возможности использования модифицированного кека завода цветных металлов в качестве компонента сухих строительных смесей для штукатурных работ взамен части вяжущего.

Для достижения поставленной цели исследования проводились по следующим направлениям:

- изучение свойств модифицированного кека представленных проб;
- исследование возможности применения модифицированного кека в составах на цементном вяжущем;
- исследование возможности применения модифицированного кека в составах на гипсовом вяжущем.

В качестве сопутствующих материалов использовали портландцемент М400 Красноярского цементного завода, строительный гипс марки Г 4 и песок Терентьевского карьера. Свойства материалов представлены в табл. 2, 3 и 4.

Таблица 2. Физико-механические свойства цемента

Вид цемента марка	Нормальная плотность, %	Сроки схватывания, ч- мин		Предел прочности, МПа	
		начало	конец	при изгибе	при сжатии
М 400 Д 20	26,25	2-20	5-20	7,65	39,4

Таблица 3. Физико-механические свойства гипсового вяжущего

Марка гипса	Нормальная плотность, %	Сроки схватывания, мин		Предел прочности, МПа	
		начало	конец	при изгибе	при сжатии
Г 4	64	9	22	2,26	4,7

Таблица 4. Зерновой состав песка

Размер отверстия сит, мм	Частный остаток на ситах,		Полный остаток на ситах, %
	г	%	
1,25	-	-	-
0,63	5,0	0,5	0,5
0,315	230,0	23,0	23,5
0,14	630,0	63,0	86,5
дно	135,0	13,5	100,0

Результатами исследований было выявлено влияние расхода кека на прочность цементно-кекового и гипсо-кекового вяжущего в составе сухих строительных смесей.

В дальнейших исследованиях были разработаны составы сухих строительных смесей на модифицированных и белых кеках, которые могут быть использованы взамен дорогостоящих компонентов-пластификаторов (извести, глины) при сохранении необходимых технических и эксплуатационных свойств.

УДК 691.327

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕСТНЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ ДЛЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ БЕТОНОВ

О.А. Ланшакова, Е.Л. Крамер, В.Г. Совков
Научные руководители Н.Г. Василевская, И.Г. Енджиевская,
С.В. Дружинкин
Сибирский федеральный университет

Получение высокоподвижных бетонных смесей с обеспечением сохранности свойств во времени, отсутствием расслаиваемости и интенсивной кинетикой набора прочности бетона в ранние сроки твердения, без применения тепловой обработки и с высокими прочностными показателями в марочном возрасте является актуальной проблемой при возведении технически сложных и уникальных объектов (в том числе и большепролетных сооружений). Данная проблема решается в нескольких направлениях: использование высокомарочных цементов, местных прочных заполнителей, применение пластифицирующих добавок, высокоактивных минеральных наполнителей.

Прочностные и деформативные свойства высокопрочного бетона зависят от совместной работы цементного камня и заполнителя, а также их взаимодействия. В этом случае, приближение прочности бетона к прочности заполнителя сказывается на характере разрушения образцов-кубов, когда разрушение идет как по цементно-песчаному раствору, так и по самому заполнителю. Вследствие чего физико-механические свойства заполнителей в большей мере отражаются на деформативных характеристиках высокопрочных бетонов.

С увеличением плотности цементной оболочки вокруг зерен заполнителей и прочности сцепления с ними проявляется объемная повышенная сопротивляемость, также приводящая к улучшению физико-механических

характеристик. Этим явлением возможно объяснить получение прочности бетона, превышающей марку цемента, приближающуюся к прочности заполнителей.

Таким образом, совместное взаимодействие двух принципиальных компонентов бетона – цемента и заполнителей дает возможность управлять свойствами конструктивных бетонов путем отбора соответствующей породы щебня.

Были исследованы заполнители, производимые в непосредственной близости от г. Красноярска, пробы щебня и песка Березовской, Песчанской, Терентьевской ДСФ (табл.1, 2). Пробы испытаны на соответствие ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия» и ГОСТ 8736-93 «Песок для строительных работ. Технические условия». Испытания проб показали, что физико-механические свойства материалов из данных месторождений отличаются незначительно, из-за того, что находятся в одном пласте.

Дифрактограммы исследуемых заполнителей показали (рис. 1), что исследуемые пробы представлены в основном кварцем (SiO_2) и плагиоклазами (известково-натриевые полевые шпаты) с небольшими примесями карбоната кальция и каолинита. На дифрактограммах четко идентифицируются пики кварца с $d = 0,334; 0,245; 0,228; 0,212$ нм и др., дифракционные максимумы плагиоклазов с $d = 0,404; 0,374; 0,365; 0,321; 0,318$ нм, пики CaCO_3 $d = 0,303$ нм и каолинита $d = 0,710$ нм.

Истинная плотность зерен песков, определенная в соответствии с ГОСТ 8735 составила $2,65 \text{ г/см}^3$. В соответствии с требованиями ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия» щебень из гравия месторождений Березовка и Песчанка имеет марку по дробимости 1000, что не позволяет получить высокопрочный бетон.

В работе в качестве заполнителя использовали также отходы отсева щебня после ДСУ Кияшалтырского месторождения, крупные фракции которого применяются для отсыпки железнодорожных путей. Отсевы – фракции менее 25 мм накоплены в значительных количествах на территории месторождения. Свойства отвального заполнителя представлены в табл. 3.

Как считает ряд исследователей, с увеличением марки бетона наибольшая крупность щебня должна уменьшаться. Это объясняется тем, что с уменьшением крупности заполнителя увеличивается его сцепление с цементным камнем, а также пропорционально уменьшаются размеры трещин между цементным камнем и заполнителем, возникающие при нагружении в результате различий в свойствах контактирующих фаз. Вследствие этого для бетонов класса б0 и выше рекомендуется применять, как наиболее оптимальный, щебень с наибольшей крупностью 20-25 мм.

Таблица 1. Результаты испытаний крупного заполнителя Красноярской ДСФ

Наименование показателей	Значения показателей щебня		
	Березовского	Песчанки	требуемые ГОСТ
Зерновой состав: полные остатки на ситах, %:			
D	13,5	10,00	до 10
d	99	99,80	90...100
0,5(d +D)	56	54,90	30...60
1,25 D	0	0	до 0,5
Насыпная плотность, кг/м ³	1375	1420	-
Истинная плотность, кг/м ³	2700	2700	-
Пустотность	38,6	33	-
Содержание пылевидных и глинистых примесей, %	1,0	0,30	1,0
Содержание глины в комках, %	-	-	0,25
Дробимость в цилиндре:			
- потеря массы, %	9,0	8,9	до 10 включ.
- марка по дробимости	1000	1000	1000
Содержание дробленых зерен в щебне из гравия, %	98	96,60	не менее 80
Содержание зерен пластинчатой и игловатой форм, %	4	4	не более 35 %

Таблица 2. Результаты испытаний мелкого заполнителя Красноярской ДСФ

Наименование показателей	Значения показателей песка			
	Березовского	Песчанки	Терентьевского	Требуемые ГОСТ
Модуль крупности песка (M _к)	2,00	1,98	0,80	мелкий св.1,5 до 2
Насыпная плотность, кг/м ³	1578	1550	1610	
Истинная плотность, кг/м ³	2700	2700	2620	
Зерновой состав (полные остатки на ситах), (мас.%), размер сит, мм:				
2,5	16,0	12,5	0,18	
1,25	25,0	21,5	0,90	
0,63	35,1	30,0	2,74	
0,315	44,5	44,2	9,69	
0,16	83,0	94,2	66,19	
Дно	100	100	100	
Содержание пылевидных и глинистых частиц, % по массе	3,5	2,4	3	1 класс мелкий 5

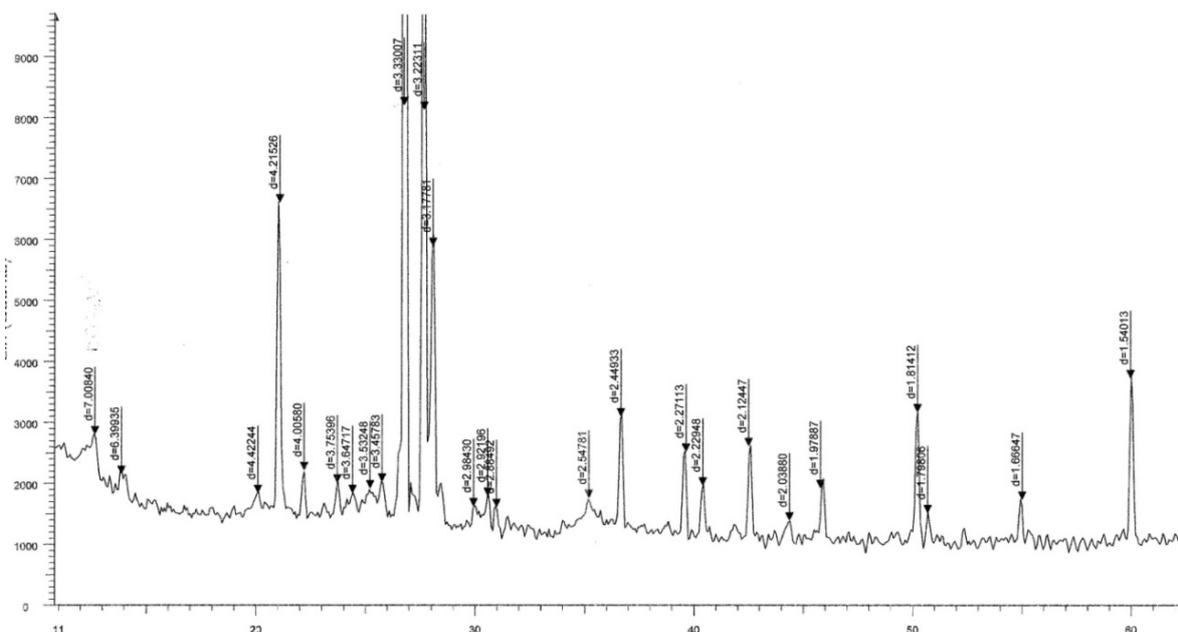


Рис. 1. Рентгенофазовый анализ заполнителя Терентьевского месторождения

Таблица 3. Физико-механические характеристики отвалного заполнителя

Вид материала	Наименование показателей	Значения показателей	
		Фактические	Требуемые ГОСТ
Щебень	Зерновой состав: полные остатки на ситах, %:		
	D	3,5	до 10
	d	95,8	90...100
	0,5(d + D)	49,65	30...60
	1,25 D	0	До 0,5
	Насыпная плотность, кг/м ³	1429	-
	Истинная плотность, кг/м ³	2800	-
Песок	Пустотность	46	-
	Дробимость в цилиндре:		
	- потеря массы, %	3,94	
	- марка по дробимости	1400	
	Модуль крупности песка (M _к)	3,016	повышенной крупности 3,0 до 3,5
Песок	Полный остаток на сите № 063, % по массе	65,8	повышенной крупности 65 до 75
	Содержание пылевидных и глинистых частиц в песках из отсевов дробления, % по массе	7,5	II класс повышенной крупности
	Насыпная плотность, кг/м ³	1437	-
	Истинная плотность, кг/м ³	2900	-

Результаты рентгенофазового испытания заполнителя Кияшалтырского месторождения приведены на рис. 2. Установлено, что исследуемые пробы представлены в основном диопсидом.

Диопсид – порообразующий минерал перидотитов и пироксени-тов, нередко присутствует в габбро и диоритах, отмечается в базальтах, чаще в андезитах. Главные (самые распространенные) пироксены представлены рядом диопсид-геденбергит, характеризующимся постепенным переходом от $\text{CaMg}(\text{Si}_2\text{O}_6)$ к $\text{CaFe}(\text{Si}_2\text{O}_6)$. Содержание оксида кальция CaO составляет 25,9 %, оксида магния MgO – 18,5 %; оксида кремния SiO – 55,6 %. Присутствуют примеси железа, марганца, алюминия, хрома, ванадия, титана. Твёрдость по шкале Мооса – 5,5–6, плотность – 3,25–3,55 г/см³, возрастает с увеличением содержания железа или хрома. В основном распространён в изверженных породах.

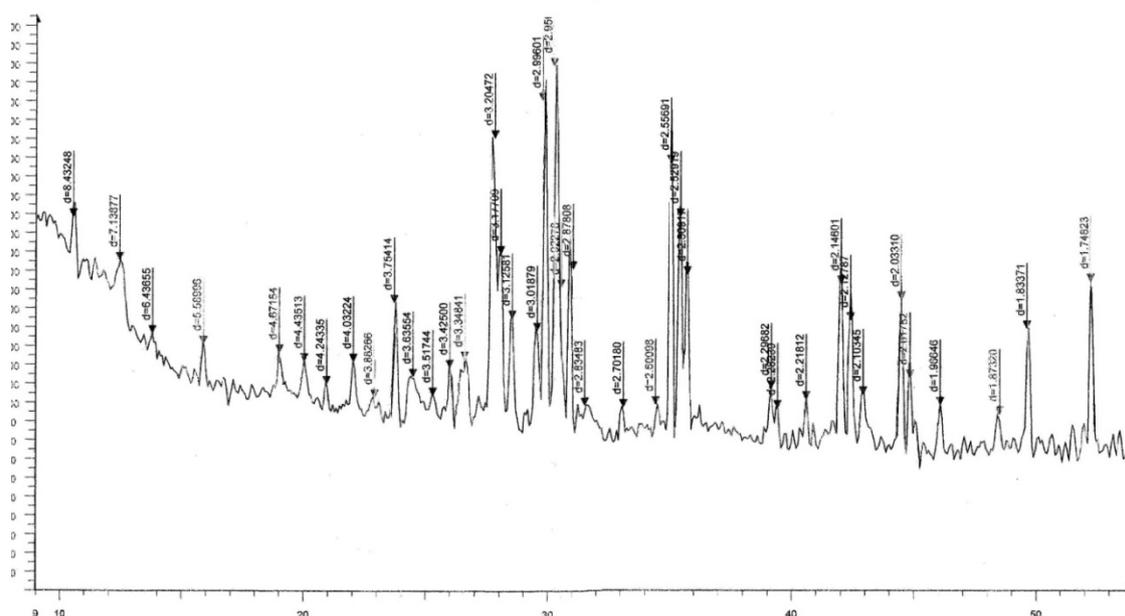


Рис. 2. Рентгенофазовый анализ заполнителя Кияшалтырского месторождения

Помимо диопсида (пики 4,46; 2,98; 2,89; 2,56; 2,52; 2,30; 2,15; 2,129; 2,034; 2,01; 1,83; 1,74; 1,61; 1,52) порода содержит свободный кварц (пик 3,36), каолинит (пик 7.153) и полевой шпат (пики 4.04; 3,74).

В результате проведенных испытаний заполнителей месторождений Березовское, Песчанка, Терентьевское и Кияшалтырского можно отметить, что щебень и песок соответствуют по всем показателям регламентируемым требованиям ГОСТа, однако по дробимости заполнители Песчанки, Березовского и Терентьевского месторождений не пригодны для производства бетонов высоких марок, так как сложены в основном осадочными горными породами. Заполнитель Кияшалтырского месторождения сложен из изверженных пород и имеет прочность 1400 кг/см², что обеспечивает требуемую прочность для производства высокопрочных бетонов.

ВЛИЯНИЕ ОТОЩАЮЩИХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА КЕРАМИЧЕСКОГО ЧЕРЕПКА НА ОСНОВЕ ГЛИНЫ МАГАНСКОГО МЕСТО РОЖДЕНИЯ

Я.А. Шишлов

Научный руководитель Н.Г. Василевская, И.Г. Енджиевская
Сибирский федеральный университет

Керамический кирпич является местным строительным материалом, так как в его производстве используется глинистое сырье, часто находящееся вблизи завода. Для организации производства керамического кирпича в районе п. Маганский фирма «Торговый дом» обратилась на кафедру испытать глинистое сырье месторождение «Маганское». Сырье было испытано в соответствии ГОСТ 9169-75 «Сырье глинистое для керамического кирпича». В ходе исследований определились следующие показатели: пластичность (в соответствии с ГОСТ 21216.1-93), гранулометрический состав (ГОСТ 21216.2-93), воздушная и огневая усадка (ГОСТ 19609.20-89), физико-механические характеристики (ГОСТ 530-2007) по методикам, приведенным в перечисленных ГОСТ. Результаты исследований представлены в табл. 1, 2, 3 и на рис 1.

Таблица 1. Химический состав представленного глиняного сырья

Компонентный состав, %								
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	S	ппп
57,52	11,82	4,93	8,26	3,12	1,29	1,97	0,35	10,84

Таблица 2. Гранулометрический состав глины

Размер фракций, %		
Песчаные частицы (1-0,05) мм	Пылеватые частицы (0,05-0,005) мм	Глинистые частицы (менее 0,005) мм
50	27	22

Анализ полученных результатов показал. Карьерная влажность глинистого сырья 11,1%. По содержанию оксида алюминия (11,82 < 14 %) сырье относится к группе кислого. По содержанию оксида железа (4,93 > 3 %) относится к сырью с высоким содержанием красящих оксидов. Размещения главных групп оксидов в соответствии с техническим назначением глин (по А.И. Августинику) (рис. 1.) Сырье попадает в область производства глиняного кирпича.

По гранулометрическому составу находится на границе между сугленком и тяжелым сугленком (табл. 2, рис 2). По пластичности относится к умеренно пластичным, с числом пластичности П 14. При сушке образцов

из чистого глинистого сырья наблюдалось наличие глубоких трещин даже при естественной сушке что свидетельствует о высокой чувствительности, поэтому для улучшения сушильных свойств вводим отошающую добавку. В качестве отошителя вводился бой обожженных образцов в количестве 5,7,10 %. Введение отошающей добавки улучшило не только сушильные свойства (воздушная усадка снизилась с 8 до 6 %), но и обжиговые (с 2 до 0 %). Введение отошителя в количестве 10 % увеличивает прочность керамических образцов на марку. Снижает водопоглощение керамических образцов. Исследования продолжаются.

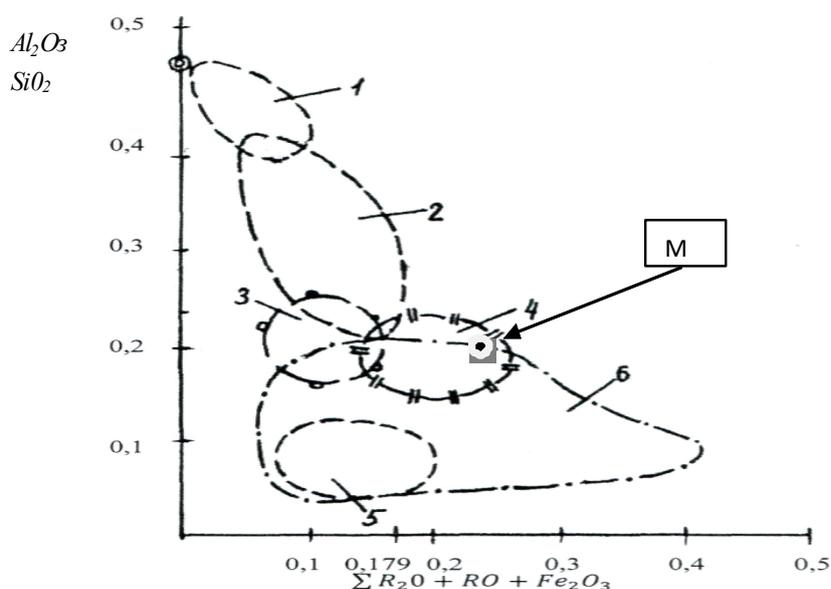


Рис. 2. Диаграмма размещения главнейших групп оксидов в соответствии с техническим назначением глин (по А.И. Августинику):

1 – глины, пригодные для огнеупоров; 2 – глины, пригодные для производства плиток; 3 – гончарные и терракотовые глины; 4 – черепичные глины; 5 – глины для производства мостового клинкера; 6 – глины для производства керамического кирпича.

Таблица 3. Физико-механические свойства керамических образцов на основе исследуемого глинистого сырья

№ образца	Шамот %	Карьерная влажность, %	Усадка, %			Формовочная влажность, %	Р, Кг/м ³	R _{сж} Мпа	W, %
			воздушная	огневая	общая				
1	-	11,1	8	2	10	24	1830	15,3	17,9
2	-	11,1	8	2	10	24	1756	13,9	17,1
3	-	11,1	8	2	10	24	1815	15,5	15,4
4	5	11,1	6	0	6	24	1860	15,7	14,9
5	7	11,1	6	0	6	24	1880	15,8	14,8
6	10	11,1	4,7	0	4,	24	3116	18,7	14,6

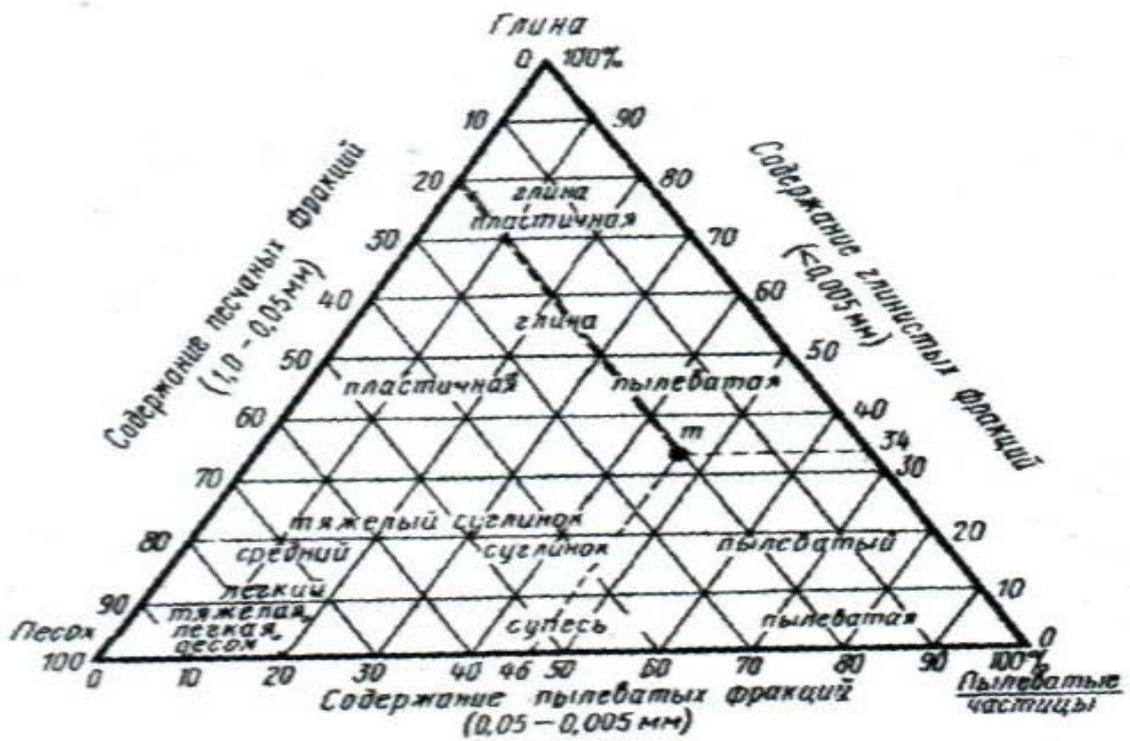


Рис. 2. Тройная диаграмма распределения фракций «глина-пылеватые-песок»

Строительные конструкции и управляемые системы

УДК 691.328

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СТРУКТУРНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ АРМОЦЕМЕНТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В.Г. Мак

Научный руководитель Н.Н. Пантелеев

Сибирский федеральный университет

В условиях постоянного увеличения стоимости основных строительных материалов задача снижения материалоёмкости строительных конструкций выходит на первый план. Необходимость решения этой задачи, а также высокий уровень развития современных систем автоматизированного проектирования (САПР) привели к тому, что в последние десятилетия в области инженерного дела, а также экономики и планирования наметился стремительный переход от допустимых инженерных и управленческих решений к оптимальным решениям.

В процессе проектирования строительных конструкций проектировщику приходится назначать ряд параметров конструкции, исходя из опыта и интуитивных соображений. При этом проектировщик неизбежно отклоняется от оптимального решения. Величина такого отклонения зависит как от квалификации, так и от других факторов, но и в первую очередь от сложности конструкции. Чем сложнее конструкция, тем меньше возможности интуиции в нахождении оптимального решения. Опыт показывает, что при проектировании простейших железобетонных конструкций (балок, плит) среднее отклонение от оптимального решения составляет примерно 5-7 %, а для более сложных конструкций подобное отклонение может составлять от 10 до 40 %.

Поэтому вполне очевидно, что использование методов оптимального проектирования строительных конструкций имеет большое значение в создании рациональных и экономичных конструкций.

Как известно, перекрытия и покрытия являются одними из наиболее материалоёмких конструкций здания, поэтому трудно переоценить важность их оптимального проектирования. Одним из наиболее перспектив-

ных решений в этом направлении является устройство пространственных структурных покрытий.

По статической работе плиты регулярной структуры подразделяются на стержневые, состоящие из регулярно расположенных шарнирно-соединённых между собой стержней, и пластинчатые, выполненные из отдельных тонкостенных плоскостей. При точечном соединении элементов в узлах пластинчатых плит сохраняется шарнирно-стержневой характер работы конструкции, при этом тонкостенные грани в значительной степени участвуют в работе, повышая несущую способность конструкции.

Рассматриваемая конструкция представляет собой пластинчато-стержневую регулярную структурную плиту покрытия. Верхний пояс покрытия представляет собой железобетонную плиту, рёбра выполнены в виде армоцементных тонкостенных пластин пересекающихся в пространстве, нижний пояс составлен стержневыми металлическими элементами, соединяющими между собой узлы пересечения армоцементных рёбер (рис. 1).

В общем случае структуры обладают рядом преимуществ, правильное использование которых позволяет повысить экономическую эффективность по сравнению с традиционными решениями. К преимуществам относятся: пространственность работы системы; повышенная надёжность от внезапных разрушений; возможность перекрытия больших пролётов; удобство проектирования

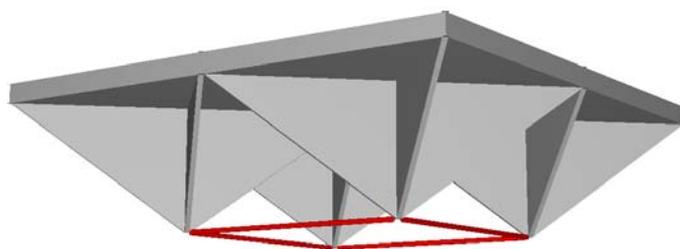


Рис. 1. Фрагмент структурного покрытия

подвесных потолков; максимальная унификация узлов и элементов; снижение затрат на транспорт; возможность использования совершенных методов монтажа-сборки на земле и подъёма покрытия крупными блоками; архитектурная выразительность и возможность применения для зданий различного назначения.

Обладая перечисленными преимуществами, структурные конструкции также имеют и ряд недостатков, которые сдерживают их массовое использование. К основным недостаткам структур относятся: жёсткая унификация элементов, которая приводит к увеличению расхода материала, сложность расчёта из-за большой степени статической неопределимости, сложность работы узловых соединений, а также повышенный расход мате-

риала вследствие наличия так называемых «лишних связей». Наличие этих недостатков обуславливает актуальность решения задачи оптимального проектирования применительно к структурным конструкциям покрытий.

Можно выделить три основных способа снижения собственного веса и материалоемкости структурных конструкций. Первый способ относится к конструкциям с заданными генеральными размерами, конфигурацией (очертание осей, положения узлов), не варьируемыми в процессе оптимизации? и сводится к поиску оптимального распределения материала в структурной конструкции. Второй способ заключается в определении оптимальной геометрической формы конструкции. При решении задачи по третьему пути выполняется поиск оптимальной топологии конструкции. Первые два способа основаны на методах параметрической оптимизации, последний – на методах синтеза конструкций. Таким образом, задача снижения веса структурной конструкции является задачей оптимального проектирования.

Оптимальное проектирование представляет собой целенаправленный выбор параметров рассматриваемой конструкции, обеспечивающий наилучший по заданному критерию результат. Выбор критерия оптимальности – сложная экономическая задача. Он должен учитывать как вопросы механического поведения конструкции, так и соображения технологические, эксплуатационные, эстетические и т. д. Такими критериями в большинстве случаев могут быть экономические: материалоемкость, приведенные затраты, а также физические – например, равнопрочность, минимум массы или объема, максимум воспринимаемой нагрузки и т. п. При постановке и решении задачи должны учитываться исходные проектные данные и ограничения: эксплуатационные требования, пролёты и нагрузки, условия прочности и устойчивости и т. д.

Все неизвестные и определённые характеристики конструкции, описывающие её состояние, называются параметрами конструкции. Параметры конструкции подразделяются на варьируемые и не варьируемые. Варьируемые параметры изменяются в процессе оптимизации конструкции, не варьируемые остаются неизменными.

Оптимизация структурных покрытий на основе армоцементных элементов заключается в определении оптимальных геометрических размеров и формы элементов (высота конструкции, форма и размеры ячеек конструкции, количество элементов, площадь поперечного сечения каждого элемента, количество узлов опирания конструкции и т. д.). Но перед тем как приступить к решению задачи оптимизации необходимо задаться не варьируемыми параметрами. Такими параметрами будут являться: тип топологии конструкции, материал элементов конструкции, назначения перекрываемого здания.

Такие варьируемые параметры, как размеры и форма ячеек, напрямую зависят от размеров в плане перекрываемого здания. Так, например? плиты с квадратной ячейкой наиболее рационально применять при квадратной форме в плане, чтобы конструкция работала одинаково в обоих направлениях. При переходе к прямоугольной форме плиты пространственная работа утрачивается и конструкция работает как ряд параллельных ферм, что сказывается на лёгкости и экономичности. Такие конструкции целесообразно применять в покрытии зданий пролетом 18,0 – 24,0 м с соотношением сторон 1:1...1:1,5.

В силу многократной статической неопределимости, сложности и разнообразия узловых соединений, оптимизация пространственных структурных конструкций является сложной, но одновременно весьма актуальной задачей.

В настоящее время проводится работа по дальнейшему решению задачи оптимизации пространственных структурных покрытий на основе армоцементных строительных элементов.

Список литературы

1. Лубо Л.Н. Плиты регулярной пространственной структуры / Л.Н. Лубо, Б.А. Миронков. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1976.
2. Рейтман М.И. Оптимизация параметров железобетонных конструкций на ЭЦВМ / М.И. Рейтман, Л.И. Ярин. – М.: Стройиздат, 1974. – 96 с.
3. Баничук Н.В. Введение в оптимизацию конструкций / Н.В. Баничук. – М.: Наука, 1986.

УДК 624.139

ФУНДАМЕНТЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ МАЛОЭТАЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В СЛОЖНЫХ ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЯХ

И.С. Пэскэлүцэ

Научный руководитель Н.П. Абовский

Сибирский федеральный университет

Новые типы фундаментов разработаны для потребностей Красноярского края, однако аналогичные обстоятельства имеют место для многих других регионов страны и Зарубежья.

Достигается экономичность и надежность не только при строительстве данных фундаментов, но и при эксплуатации, универсальность их

применения при различных сложных условиях, малая чувствительность при негативных неравномерных деформациях основания, сохраняется и используется естественная структура и свойства грунтов, обеспечивается природная надземная и подземная экология и выгодные условия для экодома.

Цель и назначение инновационных разработок

Настоящие разработки исходят из потребностей малоэтажного строительства в Красноярском крае и направлены на: планируемое увеличение объемов вводимого малоэтажного строительства в ближайшие годы в несколько раз (с 30 % до 70 %); необходимость строительства в сложных грунтовых условиях, в связи с тем, что имеется дефицит «удобных» земель для строительства (участки со сложными грунтовыми условиями охватывают огромные территории в городе и крае); снижение стоимости квадратного метра жилья за счет снижения стоимости строительства (сокращения сроков строительства, снижения материалоемкости и трудоемкости, сокращения объема инженерно-геологических изысканий) и низкой стоимости «неудобных» земель; снижение эксплуатационных расходов за счет повышения теплозащиты, надежности, ремонтоспособности и общей комфортности здания.

Сущность предлагаемых инновационных разработок и их отличие от традиционных подходов

Согласно традиционным нормативным подходам (СП-50-101-2004 п. 8) «в сложных инженерно-геологических условиях (специфические грунты, высокий уровень грунтовых вод и др.) могут быть использованы: фундаменты на локально уплотненных основаниях (в вытрамбованных или выштампованных котлованах, забивные блоки и др.); короткие сваи».

Экологический принцип основывается на сохранении естественной многолетней сложившейся структуры грунта и использовании хоть и малой, но естественной несущей способности слабых грунтов без их специального усиления.

Реализация данного принципа заключается в пространственном формообразовании фундаментной системы, обладающей большой пространственной жесткостью и распределительной способностью и совмещающей в себе, помимо конструктивных, теплоизоляционные и водоотводящие функции, что создает благоприятные условия для сохранения наружной и подземной экологической обстановки, в том числе гидрогеологического режима подземных вод, и позволяет использовать естественную несущую способность слабого грунта (за счет малого давления на грунт и малой чувствительной к неравномерным негативным деформациям слабых грунтов).

Таблица 1. Сравнительная таблица инновационных разработок с традиционными нормативными подходами

Новый принцип формообразования на слабых грунтах	Традиционный подход, согласно СП-50-101-2004&8
<i>Используются несущие свойства слабых грунтов без их предварительного усиления специальными средствами и тяжелой техникой. Сохраняется природная структура грунта</i>	Естественными несущими свойствами слабых грунтов пренебрегают. Применяется усиление грунтов специальными средствами с помощью тяжелой техники. Природная структура грунта нарушается
<i>Не нарушается естественный сложившийся режим подземных вод. Максимально сохраняется окружающая экология</i>	Нарушается подземный гидрогеологический режим, что негативно проявляется при эксплуатации. Требуются специальные защитные мероприятия
<i>На основе рационального пространственного формообразования обеспечивается повышенная жесткость фундаментной системы при ее сравнительно малом весе и большой распределительной способности</i>	Традиционные ленточные фундаменты сплошного поперечного сечения не имеют должной пространственной жесткости и имеют достаточно большой вес, что не выгодно при слабых грунтах. Применение свай для малоэтажного строительства не желательно
<i>Малая чувствительность к негативным неравномерным деформациям грунтов (осадкам, просадкам, пучению и пр.)</i>	Традиционные решения, как правило, весьма чувствительны к неравномерным деформациям грунтов
<i>Применимость фундаментной системы практически при всех сложных инженерно-геологических условиях (специфические грунты, высокий уровень подземных вод и пр.). Не требуются углубленные инженерные изыскания грунтов</i>	Имеются различные конструкции фундаментов в зависимости от типа слабых грунтов на основе глубоких инженерных изысканий
<i>Совмещение несущих конструктивных и технологических функций при строительстве и эксплуатации</i>	Совмещение конструктивных и технологических функций, как правило, не производится, так как конструкция фундамента к этому не приспособлена
<i>Новый принцип эффективен для применения в сейсмических районах путем устройства скользящего слоя между платформой и основанием</i>	Конструкции фундаментов для сейсмических районов недостаточно разработаны
<i>Экономичность в процессе строительства (по материалоемкости, трудозатратам и срокам строительства), а также в процессе эксплуатации</i>	Производственные затраты при строительстве значительно выше, а снижение эксплуатационных расходов, как правило, не планируется и в расчет не принимается

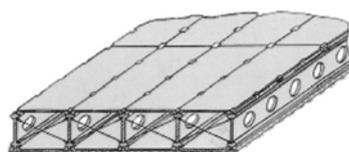
Описание конструктивных решений пространственных фундаментов

Целесообразно условно разделить малоэтажные здания на два типа: «тяжелые» (нагрузка на фундамент свыше 5 т на погонный метр); «легкие» (нагрузка на фундамент до 5 т на погонный метр).

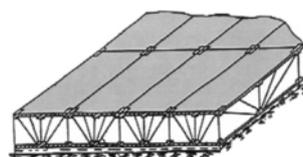
В рамках этого условного деления:

для «тяжелых» малоэтажных зданий разработаны пространственные фундаментные платформы (ПФП) (рис. 1), состоящие из верхних и нижних плит, скрепленных системой перекрестных ребер, пространство между которыми заполнено утеплителем или используется для технологических нужд. Для «легких» малоэтажных зданий разработан ленточный плитно-рамный фундамент (ЛПРФ) (рис. 2, 3). Ленточные плитно-рамные фундаменты ЛПРФ являются результатом совершенствования пространственных фундаментных платформ под более легкие нагрузки, которые имеют место в коттеджном строительстве, и представляет собой плитно-рамную конструкцию из связанных между собой железобетонных элементов, расположенных под несущими стенами здания. Плитно-рамная конструкция образована плитными элементами, между которыми уложена земляная масса с верхним слоем утеплителя, образующими несущую конструкцию пола. Поперечное сечение элементов плитно-рамного фундамента имеет замкнутую коробчатую форму, состоящую из верхних и нижних железобетонных плит, объединенных с крайними боковыми и средним утолщенным ребрами, между которыми уложен плитный утеплитель. ЛПРФ устраивается на выровненном основании, без его усиления специальными средствами, на гидроизоляционном слое в виде пленки под все здание, включая отмостку. Новизна разработки подтверждена полученным патентом №105637.

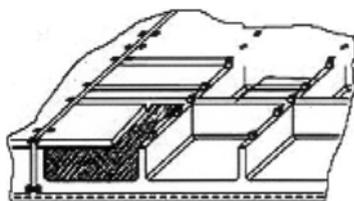
Плитно-рамный фундамент сохраняет все достоинства ПФП (пространственную жесткость, распределительную способность, малую чувствительность к неравномерным негативным деформациям слабых грунтов, совмещение функций) и при этом позволяет снизить расход материалов.



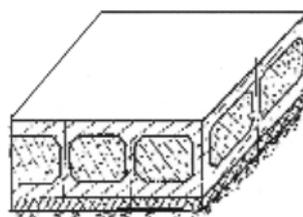
патент №38789



патент №2206665



патент №38789



патент №2206665

Рис. 1. Пространственные фундаментные платформы

Областью применения данных разработок является малоэтажное строительство в сложных грунтовых и в стесненных условиях. Под сложными грунтовыми условиями понимают слабые грунты; просадочные

грунты; пучинистые грунты; насыпные грунты; неоднородные по площади залегания грунты; водонасыщенные грунты и пр.

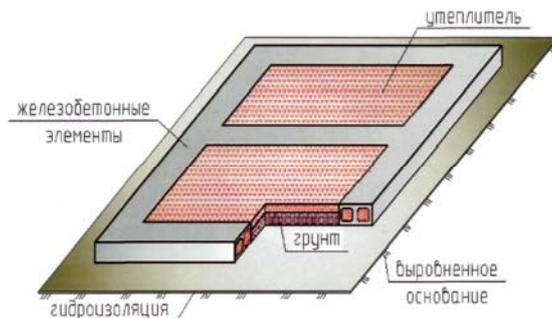


Рис. 2. Ленточный плитно-рамный фундамент. Общий вид

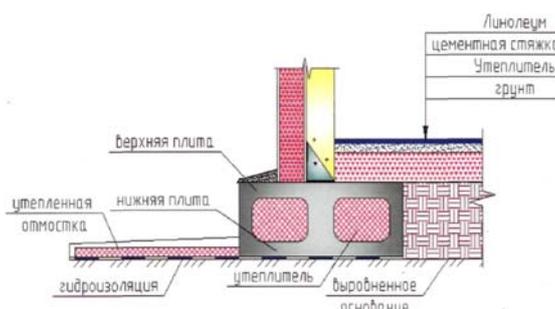


Рис. 3. Ленточный плитно-рамный фундамент. Поперечное сечение

Данные решения носят **универсальный характер** и применимы при разных грунтовых условиях за счет: сохранения естественной многолетней сложившейся структуры грунта; сохранения наружной и подземной экологической обстановки, в том числе гидрогеологического режима подземных вод, вследствие обеспечения наружного водоотведения, гидроизоляции фундамента и теплоизоляции площадки в процессе строительства; создания большой пространственной жесткости и, как следствие, малой чувствительности к неравномерным негативным деформациям слабых грунтов; малого давления на грунт (значительно менее 1 кг/см^2).

Сравнительный анализ объектов реального строительства в г. Красноярске с предлагаемыми инновационными разработками ленточного плитно-рамного фундамента, пространственной фундаментной платформы, ленточного заглубленного монолитного фундамента (коттеджный поселок «Новалэнд»), фундамента с применением буронабивных свай (коттеджный поселок «Видный») по следующим критериям: стоимости; материалоемкости; срокам строительства; трудоемкости; необходимости применения тяжелой техники.

Применение ленточно-плитно-рамного фундамента (ЛПРФ) для коттеджного поселка «Новалэнд» снижает объем бетона в шесть раз, сокращает объем земляных работ и не требует тяжелой землеройной техники.

Успешная многолетняя эксплуатация данных объектов, построенных компанией ООО «Енисейлесстрой» с большим экономическим эффектом, дает основание для эффективного широкомасштабного применения предложенных инновационных разработок пространственных фундаментов и сулит для края сотни миллионов экономического эффекта.

УДК 692.232.45

СИСТЕМЫ НАВЕСНЫХ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ФАСАДОВ ДЛЯ УТЕПЛЕНИЯ ЗДАНИЙ

Л.М. Фаткулина-Яськова, А.Н. Волков
Научный руководитель А.В. Терешкова
Сибирский федеральный университет

В современных условиях вопрос утепления ограждающих конструкций зданий приобретает все большую актуальность. Необходимость рационального использования топливно-энергетических ресурсов, ухудшение экологической обстановки, новые требования к проектированию и строительству современного жилья привели к разработке государственной программы по энергосбережению и появлению новых нормативных требований в этой области. Отечественные конструкторские наработки и анализ зарубежного опыта позволяет сегодня заказчикам и проектировщикам найти оптимальные решения, обеспечивающие нормативные показатели по теплосбережению.

Одним из основных критериев выбора системы утепления является создание комфортных условий проживания или работы. Комфортным считается такое сочетание параметров микроклимата, которое при длительном воздействии на человека обеспечивает сохранение нормального функционального и теплового состояния организма без напряжения реакций терморегуляции. Эти параметры, прежде всего, определяются разностью между температурой воздуха внутри помещения, которая зависит от схемы и мощности отопительной системы, и средней температурой поверхности стен, обращенных в помещение. Температура внутренних поверхностей стен напрямую зависит от термического сопротивления ограждающих конструкций. Поэтому рациональная система утепления, становится неотъемлемой составляющей комфортности жилья.

Учитывая, что около половины всех теплопотерь в здании происходит через наружные стены, разумнее именно здесь применять меры по уменьшению зон их промерзания. Практически единственным и универ-

сальным решением, пригодным для утепления фасадов зданий, являются навесные вентилируемые фасады в виде многослойных конструкций с использованием эффективных теплоизоляционных материалов (минеральная вата, стекловата). Современные технологии теплоизоляции позволяют повысить энергосберегающие характеристики зданий, как при новом строительстве, так и при реконструкции старых зданий. Причем фасадную систему можно установить, ничем не нарушая архитектурного облика старого фасада.

Требования, предъявляемые к системам вентилируемых фасадов, представляется целесообразным объединить в следующие группы:

- **Общетехнические требования.** Вентилируемый фасад должен обладать необходимой прочностью, чтобы оказывать сопротивление расчетным статическим и динамическим нагрузкам; обладать стойкостью к атмосферным воздействиям.

- **Технологические требования.** Вентилируемый фасад должен быть относительно несложным в изготовлении, легко и безопасно монтироваться на объекте.

- **Санитарно-гигиенические требования.** Вентилируемый фасад не должен в процессе эксплуатации оказывать вредного влияния на здоровье людей, т. е. не выделять пыли, газов, запахов, а также обеспечивать требуемую тепловую защиту здания (сооружения) и необходимую звукоизоляцию.

- **Требования пожарной безопасности.** Как строительная конструкция, вентилируемый фасад должен удовлетворять необходимым требованиям пожарной безопасности по пределу огнестойкости (потеря несущей способности, потеря целостности, потеря теплоизолирующей способности) и классу пожарной опасности.

- **Эксплуатационные требования.** Вентилируемый фасад должен сохранять конструктивную прочность, целостность, теплозащитные качества в течение всего расчетного срока эксплуатации, должен допускать возможность быстрого и удобного ремонта, поддаваться легкой и быстрой очистке.

Навесные вентилируемые фасады представляют собой составную конструктивную систему, которая включает в себя обязательные элементы: теплоизоляцию, несущие конструкции, крепежные элементы, воздушное пространство, облицовочный слой.

Несущие конструкции предназначены для передачи нагрузок веса облицовочных материалов и ветровых нагрузок непосредственно наружным стенам зданий. Они выполнены в виде консолей из алюминиевых профилей. Консоли крепятся к стенам зданий посредством фасадных распорных винтовых дюбелей. Каждая консоль должна быть закреплена минимум двумя крепежными элементами. При этом только один из них фикс-

сированный, остальные – скользящие. Скользящее крепление, создавая подвижное соединение, необходимо для компенсации линейных деформаций несущего профиля, возникающих из-за перепадов температур наружного воздуха.

В виду того, что на строительном рынке начала преобладать технология монолитного домостроения с заполнением ограждающих конструкций легкими теплоизоляционными материалами (пенобетон с плотностью 400-800 кг/м³, газобетон пустотный силикатный кирпич) возникла проблема устройства навесных фасадов по принятой системе (анкерные крепители обладают меньшей несущей способностью при устройстве в подобные материалы). Единственным решением на сегодняшний день является закрепление анкеров фасадов в усиленное межэтажное перекрытие. Данная система по сравнению с традиционными вариантами имеет ряд преимуществ: меньшее количество точек закрепления с основанием, что позволяет сократить общие тепловые потери через анкерные крепители и, собственно, расходы на комплектующие детали и элементы.

Интерес темы заключается в сравнении системы крепления навесного вентилируемого фасада в межэтажное перекрытие с традиционной системой крепления в плоскости наружной стены. Определение общей величины дополнительных тепловых потерь в зоне межэтажного перекрытия, определение параметров несущих элементов (усиленных кронштейнов и анкерных креплений), способных выдержать нагрузку от системы без дополнительных мест закрепления, определение величины затрат на устройство таких систем являются на сегодняшний день весьма актуальными.

Так, по предварительным расчетам, стоимость системы крепления НВФ в межэтажное перекрытие примерно на 50-65 % дороже по сравнению с L-образной системой и на 70-80% с U-образной системой.

На устройства НВФ в межэтажное перекрытие уходит, примерно, на 35-40 % меньше несущих креплений (кронштейнов), но увеличивается расход металла на установку направляющих (около 75 %).

Что касается тепловых потерь, то в данном варианте при минимальном количестве стыковочных точек можно добиться уменьшения теплопотерь до 50-60 %. Но возникает другая проблема – вероятность образование «точки росы» (при нарушении технологии устройства НВФ или неправильной эксплуатации могут образовываться промерзающие зоны), в этом случае необходимо предусматривать специальные варианты по дополнительному утеплению перекрытия.

ТРАНСПОРТ: ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ И СЕРВИС ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

УДК 629.017

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-РАСЧЕТНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ СТАТИЧЕСКОЙ ПОПЕРЕЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КОЛЕСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

С.В. Бояркин

Научный руководитель И.М. Блянкинштейн

Сибирский федеральный университет

Оценке показателей поперечной устойчивости автотранспортных средств (АТС) и самоходных машин (СМ) уделяется большое внимание, т. к. они (угол статической поперечной устойчивости $\alpha_{с.у}$ и угол крена поддрессоренных масс φ) являются одними из важных показателей безопасности, нормируются ГОСТ Р 52302-2004 и определяются на стенде с опрокидывающейся платформой.

При внесении изменений в конструкцию АТС и СМ в эксплуатации показатели поперечной устойчивости могут изменяться, это вызывает необходимость их оценки в условиях эксплуатации, что при отсутствии на предприятии стенда с опрокидывающейся платформой сделать затруднительно. Поэтому разработка метода экспериментально-расчетной оценки параметров устойчивости АТС и СМ и обоснование его эквивалентности методу, основанному на использовании стенда с опрокидывающейся платформы, представляет практический интерес для испытательных лабораторий и экспертных организаций.

Предлагается рассмотреть метод, заключающийся в том, чтобы в лабораторных условиях на горизонтальной площадке внешним приложением сил к кузову привести транспортное средство в положение отрыва колес одной стороны, имеющее место на опрокидывающейся платформе.

Для решения задачи по выявлению угла поперечной статической устойчивости в предлагаемом методе используется модель нагружения АТС на наклонной платформе, условно помещенная на горизонтальную поверхность (рис. 1), с заменой гравитационных сил внешне приложенной к

кузову автомобиля силой, создающей опрокидывающий момент, аналогичный моменту на наклонной поверхности в момент отрыва колес одной стороны. Сила создается лебедкой до момента отрыва колес одной стороны автомобиля от опорной поверхности.

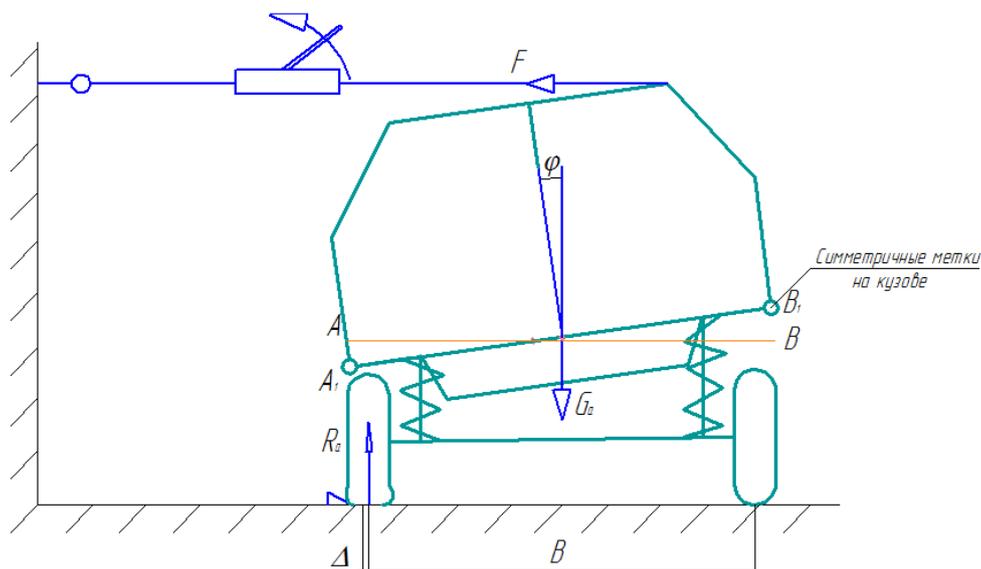


Рис. 1. Схема бокового опрокидывания АТС на горизонтальной поверхности

Величина угла поперечной статической устойчивости автомобиля с учетом крена кузова описывается выражением (1).

$$\alpha_{c,y} = \arctg \left(\frac{b}{2 \cdot h_{ц}} \right) - \varphi \quad (1)$$

где b – колея колес, приведенная к поперечному сечению АТС в плоскости, проходящей через его центр масс, мм; h – высота центра масс над опорной поверхностью, мм; φ – угол крена подвески.

Для определения угла $\alpha_{c,y}$ с учетом крена кузова к АТС прикладывали опрокидывающий момент, для чего использовали следующие приспособления: лебедка грузоподъемностью до 2 тонн, силовые капроновые стропы в количестве 2 штук, крепежные приспособления (анкерный болт), карабины, средства измерения: линейка, уровень, весы платформенные автомобильные.

Эксперимент производится в два этапа:

Определение поперечной координаты и высоты $h_{ц}$ центра масс АТС.

Определение угла крена φ подвески (кузова) АТС по его геометрическим параметрам.

Для испытаний был взят автомобиль «ВАЗ 2109». В ходе проведения испытания взвешивали автомобиль при помощи платформенных весов и определили нагрузку на каждую ось и сторону автомобиля. Это необходи-

мо для того, чтобы определить координаты центра тяжести в продольной и поперечной плоскости.

Поперечная координата центра масс (2).

$$c = \frac{G_{\text{п}}}{G_{\text{а}}} \cdot b, \quad (2)$$

где $G_{\text{п}}$ – сила тяжести правой стороны автомобиля, H ; $G_{\text{а}}$ – сила тяжести автомобиля, H ; b – колея колес, приведенная к поперечному сечению АТС в плоскости, проходящей через его центр масс, мм.

После чего определили высоту центра масс автомобиля $h_{\text{ц}}$ методом взвешивания. Одна из сторон АТС устанавливается на весы для измерения изменений нагрузки под колесами, противоположная сторона автомобиля поднимается на заданный угол, создавая тем самым смещение координаты центра масс в поперечной плоскости.

Смещение поперечной координаты и высота центра масс автомобиля определяется через уравнения (3) и (4)

$$c' = \frac{G'_{\text{п}}}{G_{\text{а}}} \cdot b, \quad (3)$$

$$h_{\text{ц}} = c \cdot \text{ctg} \beta \left(\frac{G'_{\text{п}}}{G_{\text{п}}} - 1 \right) + r, \quad (4)$$

где r – клиренс, мм; β – угол наклона автомобиля над опорной поверхностью.

Следующий этап проведения испытания на поперечную устойчивость автомобиля заключался в нахождении угла крена подрессоренных масс. Одну сторону АТС нагружали боковой силой, приложенной к кузову и создаваемой лебедкой в горизонтальной плоскости согласно схеме рис. 1. Под боковые колеса автомобиля со стороны прилагаемой силы устанавливались упоры для предотвращения смещения его в поперечной плоскости. Автомобиль нагружался силой, приложенной к кузову, до момента отрыва колес одной стороны от горизонтальной поверхности. В этом положении фиксировалось изменение высот симметричных меток на кузове АТС (рис. 1, 2) для того, чтобы определить угол крена φ кузова автомобиля.

Совместив две точки на передней части кузова с двумя симметричными им точками на задней части кузова рисунок (2) и построив схему поворота линии (отрезок AB на схеме 1), соединяющей эти точки, в момент отрыва колес одной стороны автомобиля от опорной поверхности. При повороте кузова приложенной к нему силой центр поворота отрезка AB тоже сместится на некоторую величину в сторону крена. Выразим угол крена кузова φ из двух прямоугольных треугольников A_1A_2M и B_1B_2M , получившихся в ходе поворота отрезка AB .

$$\sin \varphi = \frac{A_1 A_2}{A_1 M} \text{ и } \sin \varphi = \frac{B_1 B_2}{B_1 M}. \quad (5)$$

Взяв длину отрезка $A_1 M$ за x и приравняв выражения (5), находим искомую величину (6), а отрезок $B_1 M$ как $(y - x)$, где y – среднее расстояние между симметричными метками на кузове автомобиля.

$$\frac{A_1 A_2}{x} = \frac{B_1 B_2}{A_1 B_1 - x} \Rightarrow x = \frac{A_1 A_2 \cdot A_1 B_1}{A_1 A_2 + B_1 B_2}. \quad (6)$$

Затем по имеющимся данным вычисляем угол крена кузова автомобиля, в который был включен угол крена автомобиля вследствие радиальной деформации шин.

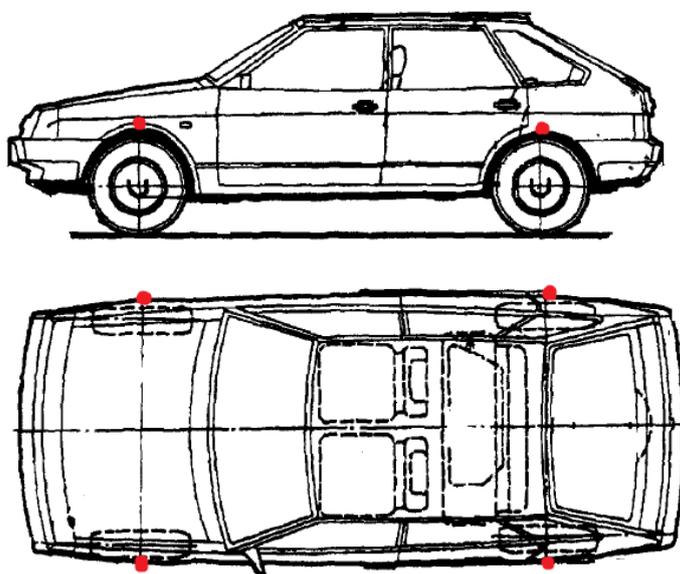


Рис. 2. Положение меток для измерения высоты кузова

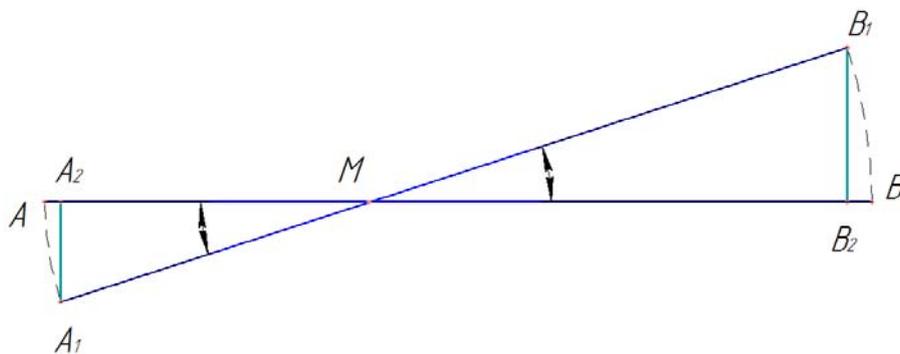


Рис. 3. Смещение точек на кузове автомобиля при его крене

Заключительным этапом исследования автомобиля на поперечную устойчивость являлся расчет критического угла поперечной устойчивости по формуле (1). На основании полученных экспериментальных данных оп-

ределяем соответствие величины угла $\alpha_{с.у}$ нормативным значениям $\alpha_{н}$ АТС всех категорий, зависящего от коэффициента поперечной устойчивости q_s (формула 7), каждому значению которого (больше или меньше единицы) соответствует своя зависимость $\alpha_{н} = f(q_s)$:

$$q_s = \frac{0,5b}{h_{ц}}; \quad (7)$$

$$\text{при } 0,55 \leq q_s \leq 1,0 \quad \alpha_{н} = (-2,4 + 42,4q_s)^\circ; \quad (8)$$

$$\text{при } q_s > 1,0, \quad \alpha_{н} = (15 + 25 q_s)^\circ; \quad (9)$$

$$\text{при } q_s < 0,55 \quad \alpha_{н} \geq 21^\circ. \quad (10)$$

Максимальное допустимое значение угла крена φ подрессоренных масс в центре масс АТС, полученное в результате испытаний, не должно превышать предельных значений $\varphi_{н}$, заданных в зависимости от коэффициента поперечной устойчивости q_s . При этом АТС всех категорий разделены на две группы, каждой из которых соответствует своя зависимость $\varphi_{н} = f(q_s)$:

$$\text{при } q_s \leq 1,0 \quad \varphi_{н} = (10,8 - 4,3q_s)^\circ; \quad (11)$$

$$\text{при } q_s > 1,0 \quad \varphi_{н} = 6,5^\circ. \quad (12)$$

Критерием соответствия нормативным требованиям стандарта является условие

$$\varphi \leq \varphi_{н}, \quad (13)$$

где $\varphi_{н}$ – предельно допустимое значение угла крена по ГОСТ Р 52302-2004.

Значения, полученные для автомобиля «ВАЗ – 2109» составили

$$\alpha_{с.у} \leq \alpha_{н} \quad 40^\circ \leq 41^\circ;$$

$$\varphi \leq \varphi_{н} \quad 6^\circ \leq 6,5^\circ.$$

Как следует из расчетов, полученные в результате эксперимента для автомобиля «ВАЗ – 2109» по предлагаемой схеме нагружения значения показателей $\alpha_{с.у}$ и φ удовлетворяют нормативным значениям, установленным ГОСТ Р 52302-2004, что свидетельствует о работоспособности и эквивалентности метода.

Достоинством метода является то, что отпадает необходимость применения стенда с опрокидывающейся платформой, что обеспечит оперативность, снижение себестоимости и упростит процедуру проведения испытаний.

Список литературы

1. Гришкевич А.И. Автомобили: Теория: учебник для вузов / А.И. Гришкевич. – Мн.: Выш. шк., 1986. – 208 с.

2. ГОСТ Р 52302-2004 «Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость».

ПРОБЛЕМЫ ХРАНЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ В УСЛОВИЯХ СЛОЖИВШЕЙСЯ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

А.Г. Максимов

Научный руководитель А.В. Камольцева

Сибирского федерального университета

Стремительный рост уровня автомобилизации населения порождает немало проблем, связанных с отставанием в развитии транспортной инфраструктуры: несоответствие улично-дорожной сети, отсутствие необходимых сервисных структур, нехватка парковок в местах оживленного движения, в местах проживания автовладельцев и т. д., которые обеспечивают определенный уровень качества жизни населения крупного города.

Накладывает свой отпечаток бурный рост жилищного строительства, который приводит к изменению характера и плотности застройки отдельных микрорайонов городов, изменению концентрации автомобильного парка данных микрорайонов.

Меняется психология и потребительские критерии автовладельцев. В советские годы место в гаражном кооперативе было вершиной мечты автовладельца. В то время гараж был предназначен не только для парковки машины, но являлся и местом ее ремонта, хранения дефицитных запчастей, домашнего скарба и “запасов на зиму”, Сейчас эти “дополнительные функции” уже совершенно не актуальны, зато растет понимание абсурдности траты времени, чтобы добраться до автомобиля на общественном транспорте или пешком.

В настоящее время г. Красноярск занимает второе место в России по уровню автомобилизации – около 400 автомобилей на 1000 жителей (370445 зарегистрированных автомобилей на 01.01.2012).

Уровень автомобилизации растет, а улицы и площади для хранения автомобилей шире не становятся в связи с исторически сложившейся застройкой города.

Решению данной задачи посвящены работы ряда авторов и авторских коллективов г. Красноярска [3, 4, 5, 6, 7]. Огромное внимание уделяется решению данной проблемы административными органами города. Существует городской проект по исследованию возможности размещения парковок и гаражей механизированного и автоматизированных типов на территории Красноярска [3].

По данным этого проекта, в городе явный дефицит цивилизованных мест хранения и паркования автомобилей, который составляет до 70 %.

При решении данной задачи следует выделить два принципиально разных режима содержания автомобилей: хранение и паркование.

Хранение связано с постоянным использованием парковочного места преимущественно в ночное время.

Паркование с кратковременным, эпизодическим использованием парковочного места преимущественно в рабочее время.

Соответственно для первого вида содержания автомобилей необходимы автостоянки, а для второго вида – автопарковки или парковочные места.

Парковка автомобилей на сегодняшний день является одной из самой сложной и длительной задачей автовладельца, как в городах России, так и в мире. Приехав на короткий промежуток времени в магазин, учебное заведение, к месту работы и т. д., нужно где-то оставить транспортное средство, что не всегда удаётся из-за нехватки мест.

Эксперты IBM провели исследование в 20 крупнейших мегаполисах мира, посвященное проблеме парковок.

В Москве 29 % водителей ищут парковочное место от 11 до 20 мин. При этом каждый пятый ищет место для парковки до тридцати минут. Средний показатель для московских водителей составил 20 минут на поиск парковочного места.

В Мадриде, Париже и Мехико это показатель выше – 25 мин. 30 % водителей Найроби (столицы Кении) паркуются более часа. В Париже таких 6 %, а в российской столице 3 %.

В составленном в результате исследования "Индексе парковок" Москва заняла четвертое место после Нью-Дели, Бангалора (Индия) и Пекина. Последние места заняли Чикаго, Торонто.

Данная ситуация объясняется тем, что в городах Америки дорожная инфраструктура занимает 30-35 % площади города, а в Москве всего лишь 8,7 % [8].

Исследования экспертов показывают, что проблемы парковок существуют и необходимо искать пути их решения. Так в крупных городах Европы активно используются перехватывающие парковки, которые размещены возле станций метро, железнодорожных веток и т. д. Это позволяет разгрузить центр города от личного транспорта. Недостатком данного вида хранения автомобилей на короткий промежуток времени является то, что приходится пользоваться общественным транспортом.

В Англии для парковки коммерческих автомобилей возле торговых центров, офисов, предприятий через систему *activ8vps* можно забронировать место возле бордюра на определенное время [2]. Это позволяет избежать скопления автомобилей возле здания, что приводит к меньшей загазованности города, а также к возникновению пробок.

В Германии, Англии, Нидерландах, Японии приоритет отдают механизированным подземным парковкам, которые размещены под крупными площадями, торговыми центрами и т. д. [1, 9]. Преимущество: требуется небольшой земельный участок, либо вообще в нём не нуждается; безопасность автомобиля. Недостаток: требует больших затрат на обслуживание; невозможность строительства в определённых местах.

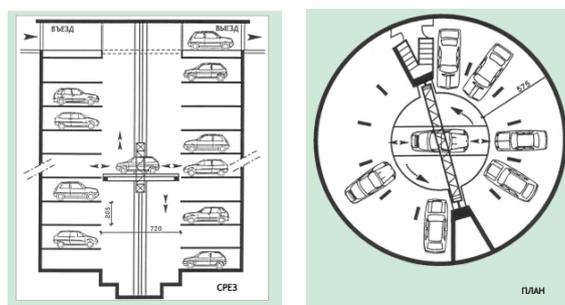


Рис. 1. Подземная стоянка SiloPark вида D12

В Нидерландах утверждён проект по созданию подземных многоэтажных городов – паркингов под центром Амстердама с мойками, автомагазинами, спортивными залами, бассейнами и кинотеатрами. Под центром города предлагается построить шесть подземных этажей, что решит проблему недостатка свободного места в центре города [1]. Недостатком является то, что для строительства потребуются огромные средства.

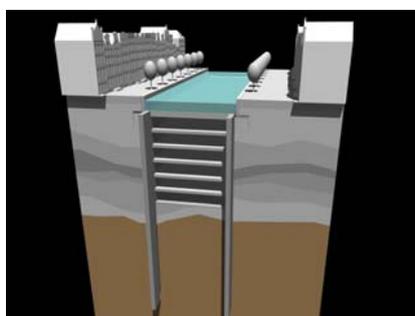


Рис. 2. Проект подземного города в Амстердаме

В Москве существуют проекты плавучих и подводных парковок [10]. Данный вид парковок позволит разгрузить прибрежные улицы и набережные площади. Недостатком является дороговизна проекта, а также сооружения должны быть очень герметичными и безопасными.

При исследовании проблем парковок видно, что в мировой практике решений предостаточно, но при выборе какого-то из них необходимо сопоставить все плюсы и минусы.

Проблемы с длительным хранением автомобилей также весьма актуальны в современных городах.



Рис. 3. Проект плавучих и подводных парковок

Существующие гаражи и автостоянки чаще всего находятся очень далеко от места жительства. Поэтому многие автовладельцы предпочитают оставить транспортное средство под окном своего дома, да и тем более это бесплатно. Но дворы не рассчитаны для такого скопления автомобилей, как их эксплуатируют в настоящее время, это ведёт к тому, что отсутствует проезд для служб оказания экстренной помощи.

В мировой практике данные вопросы решаются следующим образом.

В Японии нельзя приобрести автомобиль, без предъявления документа о месте будущего его хранения [1].

В Вольфсбурге используют автоматизированную многоуровневую, цилиндрическую автостоянку для хранения новых автомобилей VW [11].



Рис. 4. Volkswagen Autostadt Car Tower

Новый автомобиль Volkswagen поступает в Autostadt Car Tower. Каждая башня имеет по 20 уровней и вмещает по 40 автомобилей. Для обработки одного автомобиля в час пик уходит до 45 сек. (Плюсы: большая вместительность; скорость обработки; дизайн. Минусы: дороговизна; сложность конструкции).

В Дании осуществлен проект по решению стояночного вопроса в жилой зоне. По форме сооружение напоминает трибуну большого стадиона-

на, где расположены ступенчатые террасы, под которыми расположен паркинг [12]. Плюсы: стоянка экологически чистая, т.к. предусмотрено много зелёных насаждений. Минусы: дороговизна.



Рис. 5. Стоянка жилого комплекса от архитекторов из BIG architects

В Германии используют способ хранения машины у себя дома на специальном балконе. Такой вариант гаража не исключает наличия обычного балкона, зимнего сада, если владельцы того пожелают. Подъем и спуск осуществляется на специальном лифте [13].

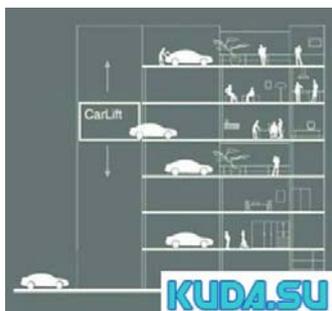


Рис. 6. Проект парковки от CarLoft

Преимуществом данного гаража является то, что автомобиль находится всегда на виду, также данный вид хранения автомобилей может быть использован там, где невозможно реализовать подземные стоянки.

Ещё одним вариантом решения проблемы хранения автомобилей является строительство новостроек с подземными стоянками, гаражами. В России из-за большой стоимости они не получили большой популярности [1].

В Китае места для автомобилей находятся на первых этажах домов.

Строительство многоуровневых гаражей, стоянок – вариант для центральных районов городов, где, не смотря на высокую стоимость хранения автомобиля, автовладельцы просто нуждаются в этом. Но есть ещё одна проблема, не везде можно найти место для таких паркингов [1].

Перехватывающие стоянки – ещё один способ хранения автомобилей.

Оборудование существующих подземных стоянок и гаражей гаражными подъемниками приведёт к увеличению машино-мест при той же площади помещения [14].

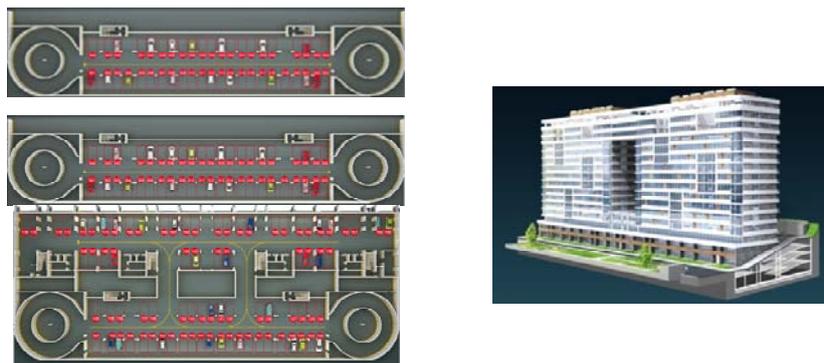


Рис. 7. Многоуровневая подземная стоянка в новостройке

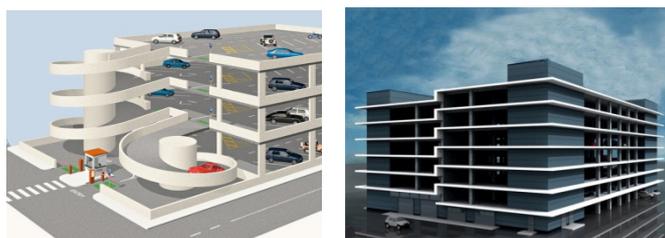


Рис. 8. Многоуровневые рамповые паркинги



Рис. 9. Двухстоечный парковочный подъемник PL-7

К недостаткам можно отнести то, что оборудование нуждается в постоянном обслуживании, а также зависимость выезда одного автомобиля от другого.

В разработанном проекте для решения этих проблем в городе Красноярске со сложившейся городской застройкой рассматриваются следующие варианты:

- многоуровневый отдельно стоящий паркинг;
- паркинг, встроенный в рельеф;
- паркинг – пешеходная улица;
- подземный паркинг;
- подземно-наземный паркинг;
- паркинг с совмещением с объектами общественной функции;
- реконструкция промышленных зданий под паркинги;
- перехватывающие парковки;
- устройство гаражей в торцах здания [3].

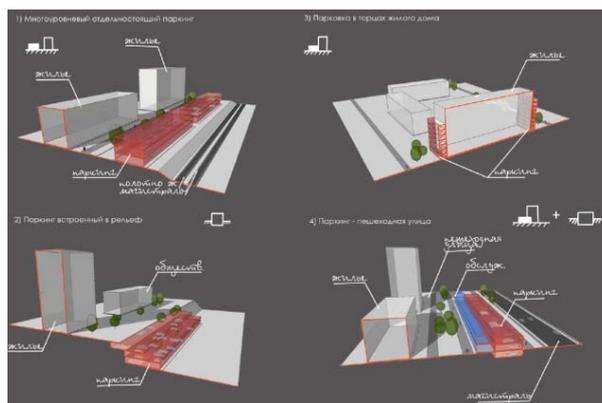


Рис. 10. Архетипы парковок, актуальных для Красноярска

В представленном городском проекте основной акцент делается на архетипы стоянок и парковок, а также их размещение по всему городу. Вопрос о виде стоянок и парковок, применяемых к данным архетипам, затрагивается совсем не значительно.

Существует ряд проблем при установке определённого вида паркинга в том или ином месте. Так, например, для строительства подземного паркинга требуются огромные затраты, следовательно бесплатными их сделать практически не реально, а автовладельцы пока не готовы платить за кратковременное хранение больших денег.

В районах с большим скоплением автомобилей следует устанавливать механизированные паркинги, но данный тип сооружения требует больших затрат на обслуживание, что опять повлияет на цену хранения автомобиля. Ещё одним минусом является то, что будут образовываться очереди на приём и выдачу автомобилей.

Поэтому нами предложены к рассмотрению следующие варианты:

1. Мы считаем, что целесообразно всего было бы использовать многоуровневые комбинированные гаражи-стоянки-парковки и размещать их вблизи жилых и административных зданий, учебных и торговых заведений. Данный тип сооружения позволил бы оставлять автомобили, как на кратковременное хранение (1 и 2 этаж), так и на длительное (3 этаж). А постоянные жители близь стоящих зданий могли приобрести гаражное помещение (цокольный этаж).

2. В плотно заселённых районах города возможна установка во дворах на местах, предназначенных для парковки или местах старых гаражей систем SMART PARKING, которые позволяют на площади двух автомобилей разместить до шестнадцати транспортных средств. SMART PARKING может быть открытого типа (вариант для охраняемых дворовых территорий) и закрытого типа.

Стоимость одного автомобиле-места – 60000 тыс. руб плюс 1000 руб. в месяц за аренду [15]. Плюсы: возможность установки рядом с жилым

комплексом; небольшая стоимость автомобиле-места. Минусы: постоянное обслуживание; незащищённость от вандалов (для открытого типа).



Рис. 11. Автопарковка SMART PARKING

3. Подземные, а также многоуровневые стоянки возможно оборудовать парковочными системами [14]. Данный способ позволит разместить на много больше автомобилей.



Рис. 12. Двухуровневая парковочная система TV-42



Рис. 13. Парковочная система горизонтального перемещения PQ

4. Ещё одной проблемой является состояние существующих стоянок. Большинство из них не рационально используют свою площадь. При правильной расстановке автомобилей и приведения в надлежащий вид автостоянки увеличилось бы количество стояночных мест на 15-30 %.

Как вариант для улучшения существующих парковок можно применять так называемые экопарковки при помощи газонных решеток, которые укрепляют грунт и корневую систему травы. В результате получается аккуратный газон из живой травы, на который спокойно может въехать автомобиль, не повредив растения [1].

Проблема с хранением автомобилей при росте уровня автомобилизации и сложившейся городской застройки является актуальной и очень острой. Существует множество способов и вариантов решения этой проблемы в мире, но, к сожалению, автовладельцы городов России пока не готовы к некоторым из них.

Список электронных источников

1. <http://ria.ru/society/20100114/204533500.html>
2. <http://activ8vps.com>
3. <http://www.proa2.ru>
4. <http://www.er-tv.ru/news/technology/4768/>
5. <http://www.sibdom.ru/news.php?id=3561>
6. <http://www.parking-stimex.ru/news/15-programma-mehanizirovannyh-parkingov-byla-predstavlena-na-viii-krasnojarskom-jekonomicheskom-forume->
7. <http://www.newsautoprom.ru/novosiavtomira/2580-v-krasnoyarske-rassmatrivayut-proekt-stroitelstva-nedorogix-parkovok.html>
8. <http://www.metronews.ru/novosti/moskva-po-urovnju-parkovochnyh-vojn-na-chetvertom-meste-v-mire/Тpokjc---KIQ7RU1pOOcAg/>
9. http://www.silopark.com/GrpPciGen_ru.html
10. <http://svirverf.ru/ponton.html>
11. <http://www.woohome.com/uncategorized/volkswagen-autostadt-car-tower>
12. http://architektonika.ru/2008/02/18/domskala_v_kopengagene.html
13. <http://egoism.ru/posts/details?postId=8897>
14. <http://autoparktech.indboard.ru>
15. <http://www.superparking.ru/parkingsp.html>

УДК 629.113

СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ СУММАРНОГО ЛЮФТА РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Д.А. Храмцов

Научные руководители И.М. Блянкинштейн, В.И. Иванов

Сибирский федеральный университет

Техническое состояние рулевого управления непосредственно влияет на управляемость и курсовую устойчивость автотранспортных средств, поэтому его оценка включена в перечень параметров безопасности, кон-

тролируемых при ежегодном техническом осмотре. Согласно ГОСТ Р 51709-2001 техническое состояние рулевого управления оценивается по величине суммарного люфта рулевого колеса, т. е. угла, в пределах которого рулевое колесо поворачивается без поворота передних управляемых колес автомобиля. Суммарный люфт в рулевом управлении не должен превышать предельных значений, установленных изготовителем в эксплуатационной документации, или при отсутствии данных, установленных изготовителем, следующих предельных значений:

- легковые автомобили 10°;
- автобусы 20°;
- грузовые автомобили 25°.

Для измерения величины суммарного люфта используются специальные приборы – люфтомеры. На данный момент различие большинства существующих конструкций приборов заключается в методах измерений и измерительных системах, с помощью которых определяется положение колес автомобиля. Современные устройства делятся на статические и динамические. В статических устройствах для определения суммарного люфта используют механический метод измерений (люфтомер К-524), электрооптический (люфтомер ИСЛ-М), комбинированный (люфтомер-динамометр ЛД-101), электронный (люфтомер ИСЛ-401).

К приборам, используемым при проведении государственного технического осмотра транспортных средств, относится люфтомер ИСЛ-М (ИСЛМ, ИСЛ М). Принцип действия которого основан на измерении угла поворота рулевого колеса АТС посредством преобразования импульсного сигнала оптико-механического датчика угла поворота в интервале срабатываний датчика движения управляемых колес при выборе люфта рулевого управления в обоих направлениях вращения руля.

Недостатками данного люфтомера являются относительно большой вес, габаритные размеры, наличие контактных датчиков поворота управляемого колеса, снижающих надежность и увеличивающих погрешность измерения.

Разработан принципиально новый способ измерения люфта рулевого управления, основанный на элементах технического зрения [1].

Способ реализуется следующим образом. Величину суммарного люфта определяют по углу поворота рулевого колеса с помощью обработки видео-поток (последовательностей кадров, изображений), поступающих с двух синхронизированных вебкамер. Для этого вебкамеру 1 устанавливают на рулевом колесе (руле автомобиля) таким образом, чтобы ее оптическая ось совпадала с осью поворота рулевого колеса, а объектив был направлен в салон (кабину) автомобиля и захватывал в сцену кадра характерные рельефные фрагменты салона (граница стекла заднего вида, боковина или край водительского сиденья и пр.). Вебкамеру 2 закрепляют на

диске дальнего (от рулевой колонки) управляемого колеса таким образом, чтобы ее оптическая ось была параллельна или перпендикулярна оси вращения колеса и к тому же горизонтальна, а в ее объектив (в сцену кадра) захватывались рельефные предметы, неподвижно зафиксированные на посту диагностики. Изображения с вебкамер синхронизировано поступают в компьютер. По команде «Старт» с компьютера оператор начинает медленно поворачивать рулевое колесо в одну сторону (влево) до момента начала движения управляемого колеса. В момент начала движения управляемого колеса влево, который определяется по началу изменения изображения с вебкамеры 2, запоминается порядковый номер кадра « N_1 » с вебкамеры 1. Далее подается команда оператору, который начинает медленно поворачивать рулевое колесо в противоположную сторону (вправо) и поворачивает его до начала движения управляемого колеса вправо, что определяется по началу изменения изображения с вебкамеры 2, при этом запоминается порядковый номер кадра « N_2 » с вебкамеры 1. Вычисление угла (суммарного люфта в рулевом управлении) осуществляют по углу поворота изображения с вебкамеры 1 на кадре « N_2 » относительно кадра « N_1 ». Весь процесс анализа видео потоков изображений с вебкамер и вычисления угла (суммарного люфта в рулевом управлении) осуществляется в автоматизированном режиме в реальном времени, с применением специальной программы, установленной в ПК или «защитой» в электронном блоке. Результат вычисления угла (суммарного люфта) выдается на монитор ПК или на цифровой индикатор электронного блока.

Предлагаемый способ определения суммарного люфта в рулевом управлении основывается на элементах аналитической геометрии и цифровой обработки изображений. На изображении с вебкамеры 1, установленной на рулевом колесе, выбираются две характерные точки А и В. Точки выбираются, например, методом подсвечивания объекта изображения (фона в фокусе вебкамеры 1) неподвижными точечными источниками, например, лазерами разного цвета. Далее, при медленном поворачивании рулевого колеса влево и, следовательно, поворачивании изображения на некоторый угол, на видеоряде с вебкамеры 1 выбирается кадр N_1 , синхронизированный с кадром вебкамеры 2 и соответствующий началу поворота управляемого колеса, что определяется по изменению изображения с вебкамеры 2. На этом кадре N_1 определяются координаты выбранных точек $A\{X_1, Y_1\}$ и $B\{X_2, Y_2\}$ относительно границ кадра (матрицы). Координаты определяют с использованием монохромного, соответствующего цвету лазера, фильтрования этого изображения. Выбор точек «А», «В» и определение их координат также может осуществляться и другими способами, например, с использованием пакетов программ, реализующих элементы теории распознавания образов. Например, на фиг. 4 показан вид с вебкамеры 1 на водительское сиденье, а на фиг. 5 показан вариант представления

рельефного контура этого водительского сиденья в виде прямоугольника, на сторонах или пересечениях сторон которого могут быть выбраны точки А и В. Далее через выбранные точки А и В мысленно проводится линия и составляется уравнение прямой в координатной форме:

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}. \quad (1)$$

где $\{x_1, y_1\}$ – координаты точки А; $\{x_2, y_2\}$ – координаты точки Ш.

Угловой коэффициент k_1 прямой, проходящей через две точки, определяется по формуле:

$$k_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}. \quad (3)$$

Далее, при медленном поворачивании рулевого колеса в другую сторону (вправо) и, следовательно, изображения на некоторый угол, на видеоряде с вебкамеры 1 выбирается кадр N_2 , синхронизированный с кадром вебкамеры 2 и соответствующий началу поворота управляемого колеса вправо (что определяется по изменению изображения с вебкамеры 2). На этом кадре N_2 определяются новые координаты ранее выбранных точек А' $\{X_3, Y_3\}$ и В' $\{X_4, Y_4\}$. Через эти точки также мысленно проводим линию, составляем уравнение прямой в координатной форме и определяем для нее угловой коэффициент k_2 прямой, проходящей через две точки

$$k_2 = \frac{y_4 - y_3}{x_4 - x_3}. \quad (3)$$

Вычисление суммарного люфта сводится к вычислению угла между двумя прямыми. Правомерность изложенного объясняется следующим. На изображении берутся две точки, которые двигаются по окружности. Через две точки проводится прямая линия, которая вращается вокруг точки (центра поворота), координаты которой нам не обязательно вычислять. Угол между этими двумя прямыми и будет искомым углом. Таким образом, требуется вычислить координаты точек на изображениях, совпадающих с номерами кадров, зафиксировавших моменты начала движения управляемого колеса в одну сторону (вправо) и в другую сторону (влево).

Угол между двумя прямыми АВ и А' В' называется углом, на который надо повернуть первую прямую АВ, вокруг точки пересечения этих прямых против часовой стрелки, до совпадения ее со второй прямой А'В'. Так как, две прямые заданы уравнениями с угловыми коэффициентами, то угол между прямыми определяется по следующей формуле:

$$\varphi = \arctg \frac{k_2 - k_1}{1 + k_1 k_2}. \quad (4)$$

Наши точки будут находиться в первой и второй координатных четвертях, поэтому следует учитывать знак тангенса.

Преимуществами предлагаемого способа измерения суммарного люфта в рулевом управлении является то, что оба используемых датчика – и угла поворота рулевого колеса, и начала поворота управляемого колеса – бесконтактные (вебкамеры), что обеспечивает удобство, надежность и оперативность измерения. Кроме того, использован такой алгоритм вычисления угла, при котором точность установки вебкамер на рулевом колесе и на управляемом колесе не оказывает большого влияния на процесс измерения, вследствие чего повышается точность измерения. Реперы (нулевые положения, или точки отсчета) при измерении угла поворота рулевого колеса и момента начала поворота управляемых колес по сути являются виртуальными (мнимыми), т.к. физически они отсутствуют, а в качестве них используются координаты точек на выбранных изображениях с синхронизированных кадров двух видеорядов, что и обуславливает простоту и эффективность применяемой для измерения элементной базы.

Список литературы

1. Решение от 27.02.2012 о выдаче Патента РФ. Способ измерения суммарного люфта рулевого управления автотранспортного средства / И.М. Блянкинштейн, В.И. Иванов, С.А. Храмцов, Д.А. Храмцов; заявитель и патентообладатель Сиб. федер. ун-т. – №2011111975/11(017644); заявл. 29.03.2011.

ТРАНСПОРТ: ТРАНСПОРТНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

УДК 621.878.4

СТАБИЛИЗАЦИЯ КУРСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ДВИЖЕНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО МАЛОГАБАРИТНОГО ПОГРУЗЧИКА С БОРТОВЫМ ПОВОРОТОМ

А.С. Безуглов

Научный руководитель В.В. Минин
Сибирский федеральный университет

Для механизации малых объемов работ в строительстве и дорожно-коммунальном хозяйстве широкое распространение получили универсальные малогабаритные погрузчики с бортовым поворотом (УМП). Такие машины традиционно выпускаются с объемным гидроприводом трансмиссии и рабочего оборудования (рис. 1), который обеспечивает значительные усилия на исполнительных гидромеханизмах, большой диапазон бесступенчатого регулирования скорости и возможность реверсирования движения.

В результате проведенного анализа схем гидрообъемных трансмиссий УМП выявлена основная конструктивная особенность: применение для каждого контура трансмиссии отдельного гидронасоса. В виду невозможности обеспечения идентичных рабочих объемов насосов имеет место расхождение угловых скоростей колес в приводах хода. Это проявляется в частом отклонении машины в сторону от прямолинейного направления движения. Из-за невозможности совмещения операций последовательного цикла также возникают сложности при маневрировании с рабочим оборудованием. Неудовлетворительная управляемость УМП является причиной снижения технической производительности и качества выполнения технологических процессов. В связи с этим задача создания более совершенной трансмиссии является актуальной. Путем применения функционально-стоимостного анализа (программа Tech Optimizer) разработано техническое предложение (рис. 2), заключающееся в следующем.

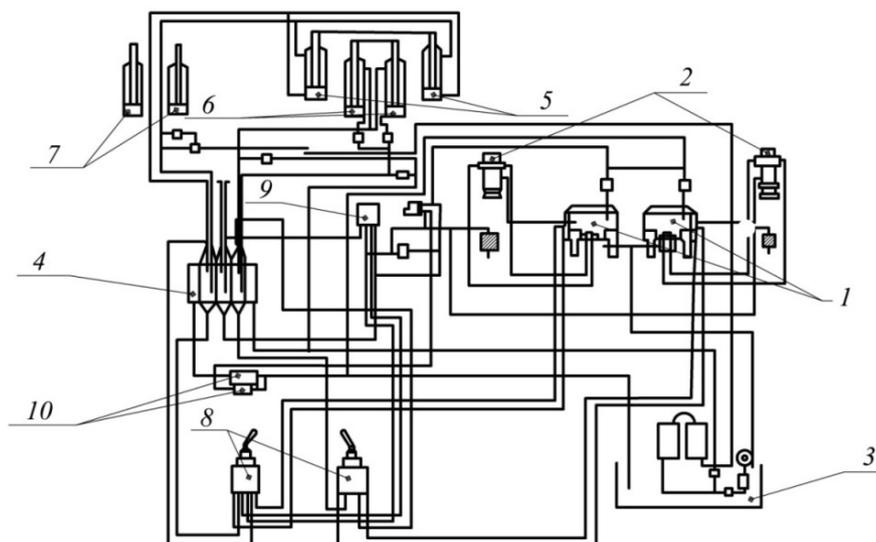


Рис. 1. Схема объемного гидропривода УМП UNC-060 фирмы Detva (Словакия): 1 – насос; 2 – гидромотор привода правого и левого бортов; 3 – бак; 4 – гидрораспределитель; 5, 6, 7 – гидроцилиндры управления стрелой, ковшом и стабилизатором положения ковша; 8 – распределители управления движением; 9 – сервоклапаны; 10 – насосы подпитки гидрообъемной трансмиссии и рабочего оборудования

В период прямолинейного движения машины предложено замыкать силовую цепь правого и левого бортов гидромуфтой. Муфта блокирует оси при прямолинейном движении и разблокирует их при осуществлении маневров.

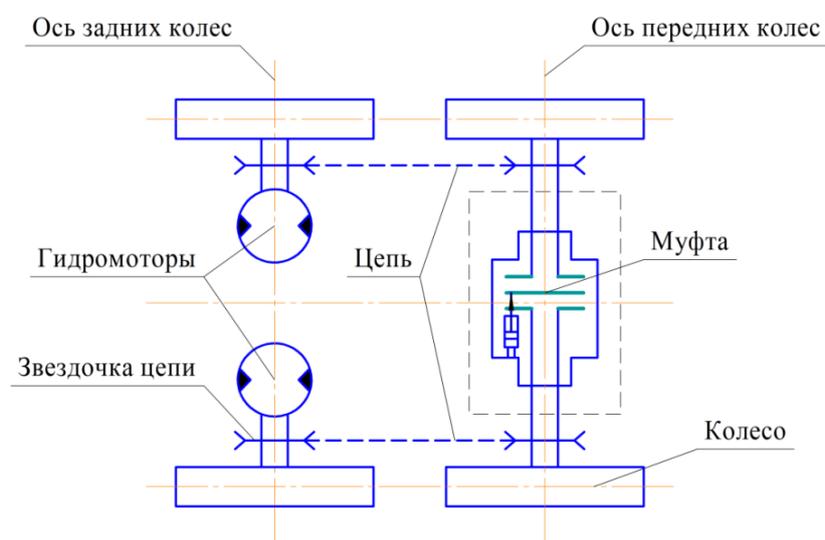


Рис. 2. Кинематическая схема модернизированной гидрообъемной трансмиссии

Предлагаемая конструкция трансмиссии обеспечивает повышение эффективности УМП за счет увеличения производительности, достигаемое путем сокращения времени цикла. Теоретическая производительность погрузчика P_T (кг/с) рассчитывается по упрощенной формуле:

$$\Pi_T = \frac{Z}{T_{\text{ц}}}, \text{ кг/с,}$$

где Z – масса погружаемого материала, кг; $T_{\text{ц}}$ – время цикла, с.

Расчеты значений производительности по данной формуле иллюстрируют увеличение производительности $\Delta\Pi_T$ при сокращении времени цикла $\Delta T_{\text{ц}}$ (рис. 3).

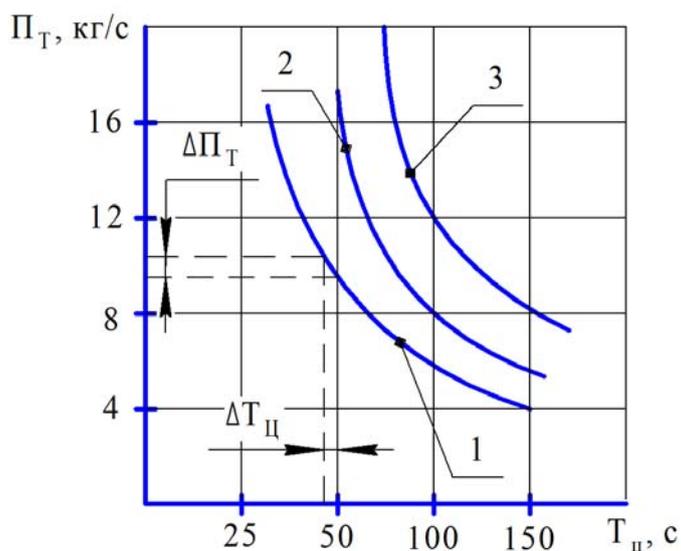


Рис. 3. Зависимости теоретической производительности от времени цикла для УМП грузоподъемностью: 1 – 600 кг; 2 – 800 кг; 3 – 1100 кг.

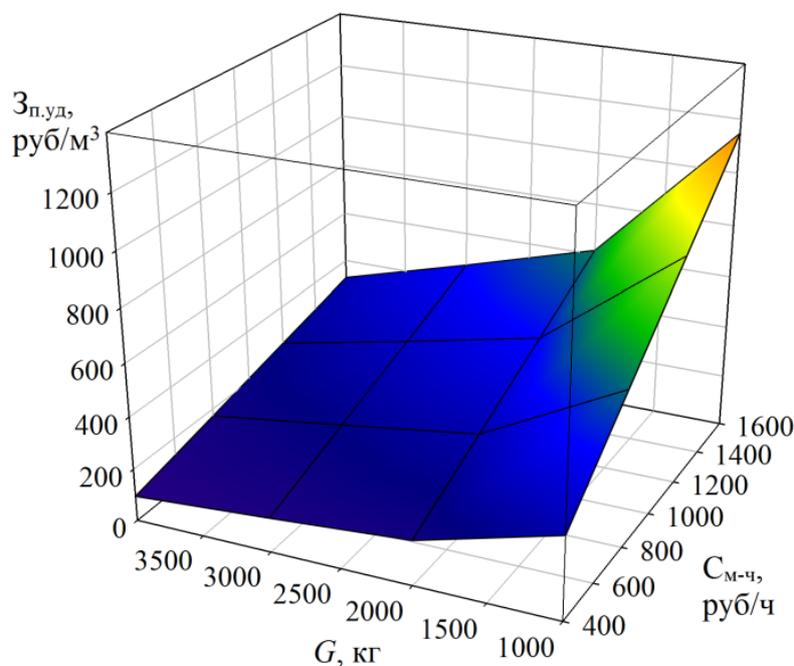


Рис. 4. Зависимость приведенных удельных затрат $Z_{п.уд}$ от эксплуатационной массы G и стоимости машино-часа $C_{м-ч}$ работы УМП

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод: сокращение времени цикла на 16 % повышает производительность на 30 %. Сокращение времени цикла происходит за счет уменьшения количества воздействий оператора на рычаги управления для обеспечения курсовой устойчивости движения.

В среде программирования MathCAD разработана модель для исследования экономической эффективности применения УМП по интегральному показателю приведенных удельных затрат $Z_{п.уд.}$. Исследования, проводившиеся для УМП эксплуатационной массой от 1 000 до 3 500 кг, обладающих грузоподъемностью от 500 до 1 200 кг, при варьировании стоимости машино-часа (рис. 4), позволили сделать заключение о наиболее эффективных типоразмерах данных машин.

Наиболее эффективными при дооснащении трансмиссии предлагаемым вариантом стабилизатора движения являются модели, обладающие эксплуатационной массой более 2 000 кг, которые имеют минимальное значение интегрального показателя.

Более подробно с результатами технико-экономического моделирования можно ознакомиться в журнале «Наука и образование: электронное научно-техническое издание» № 10, 2011 г. (по списку ВАК) в статье «Метод расчета эксплуатационных параметров универсальных малогабаритных погрузчиков», представленной на сайте <http://technomag.edu.ru>.

УДК 656.073

ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМ МЕХАНИЗАЦИИ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ РАБОТ В МОРСКОМ ПОРТУ ВАНИНО

А.П. Емельянова

Научный руководитель В.А. Вайник, Л.Н. Родикова

Сибирский федеральный университет

Выгодное географическое расположение Ванинского порта открывает ближайший выход к морю грузам, идущим с Запада по Байкало-Амурской и Транссибирской железнодорожным магистралям. Предназначен порт для перевалки грузов (металла, машин, оборудования, продовольственных товаров, комбикорма и др.) с железной дороги на морские суда с последующей доставкой на Сахалин, Курильские острова и в районы побережья Охотского моря. Большое экономическое значение имеет морская железнодорожная переправа Ванино – Холмск, благодаря которой стало

возможно круглогодично и ритмично перевозить грузы между Сахалином и материковой частью. Грузооборот порта постоянно растет.

В существующей схеме (рис. 1) на причале № 7 порта Ванино осуществляется перегрузка металла пакетированного по 10 т и 30 т и универсальных контейнеров 10 и 30 т. Подвоз груза производится по железной дороге. В тыловой зоне механизации работают два портальных крана грузоподъемностью 16 и 40 т, в прикормонной – портальный кран грузоподъемностью 40 т.

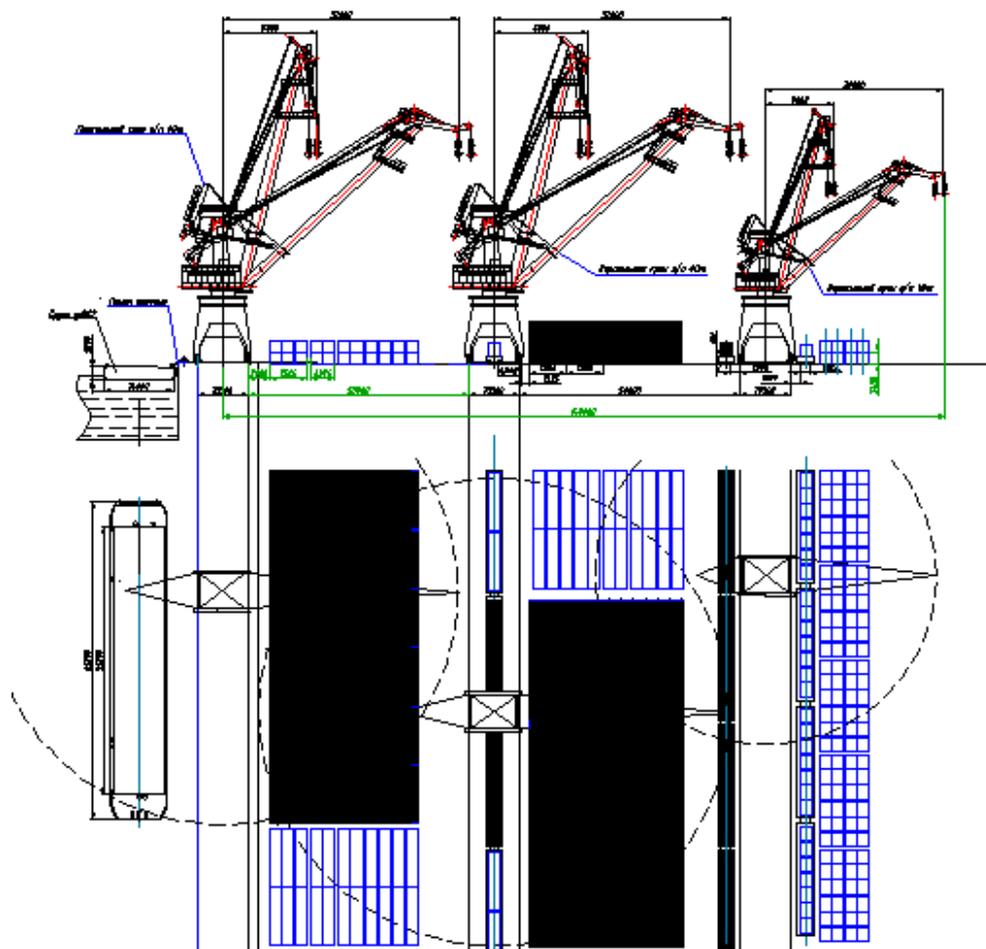


Рис. 1. Базовая схема механизации

Недостатками базовой схемы являются значительные затраты времени на обработку груза в тыловой зоне механизации и нехватка складских площадей.

Пооперационный анализ всех операций выявил необходимость разработки новой схемы механизации погрузочно-разгрузочных работ. Для уменьшения времени цикла и увеличения производительности необходимо внести изменения в существующую схему.

Примерно у 40 % портальных кранов нормативный срок эксплуатации заканчивается в ближайшее время, а у 60 % – закончился. В настоящее

время в России порталные краны не выпускаются из-за отсутствия заводов-изготовителей. Поэтому стоит вопрос о покупке их за границей или замене в схемах механизации на краны других типов.

Одним из наиболее приемлемых способов механизации складской площади является размещение на ее территории козлового крана, установленного на наземных крановых путях. Данная подъемно-транспортная машина удовлетворяет всем вышеприведенным требованиям и позволяет наиболее полно реализовать поставленную задачу. Проектная схема механизации показана на рис. 2.

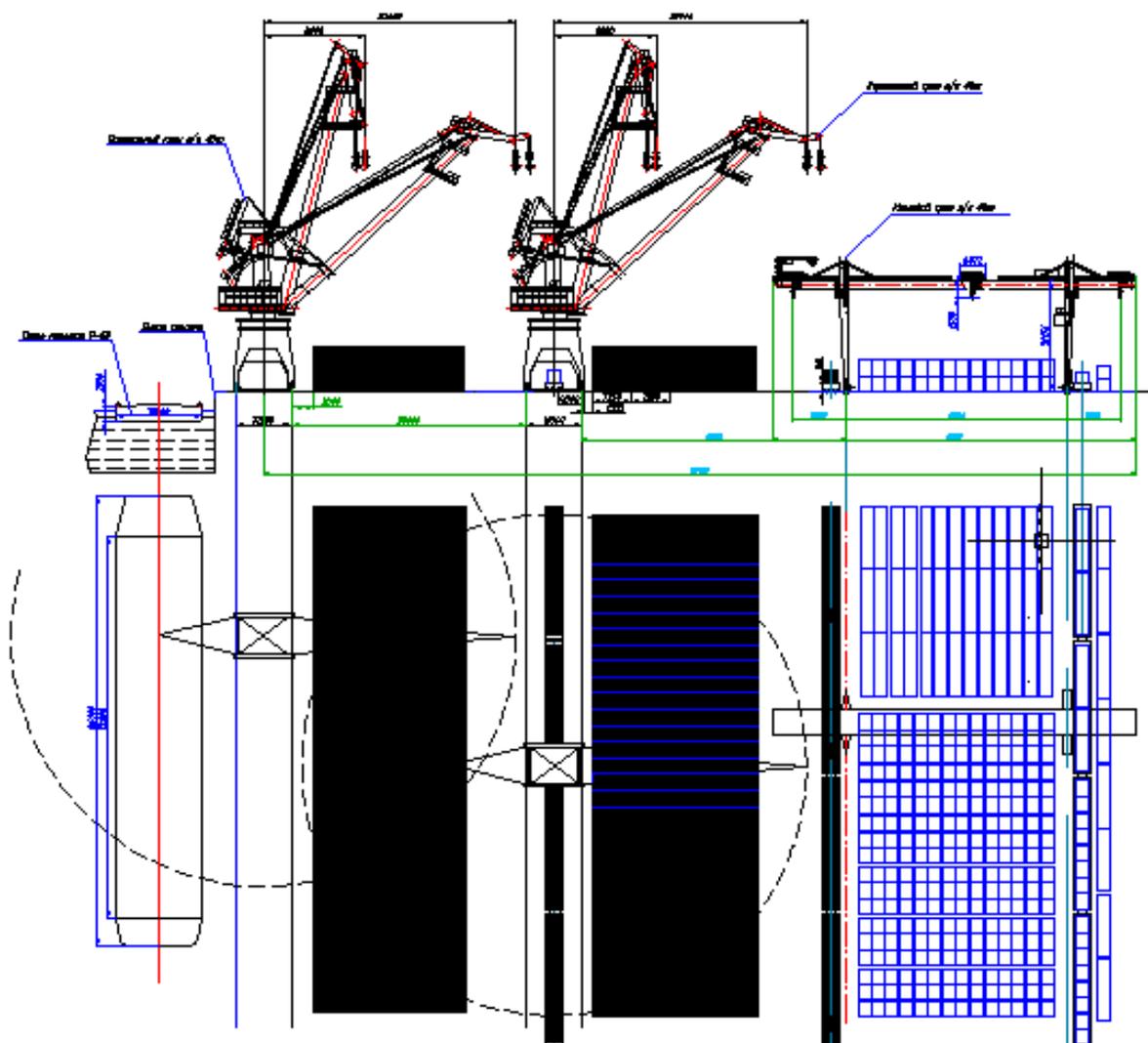


Рис. 2. Проектная схема механизации

Поскольку грузооборот порта увеличивается, в проектом варианте необходимо установить кран большей грузоподъемности. Основные показатели, по которым следует выбирать перегрузочное оборудование – это стоимость и производительность.

Стоимость козлового крана примерно в 1,2 раза меньше стоимости портального крана (цена портального крана 9 млн руб, в то время как козлового – 7,5 млн руб).

На рис. 3 представлен линейный пооперационный график работы козлового и портального кранов.

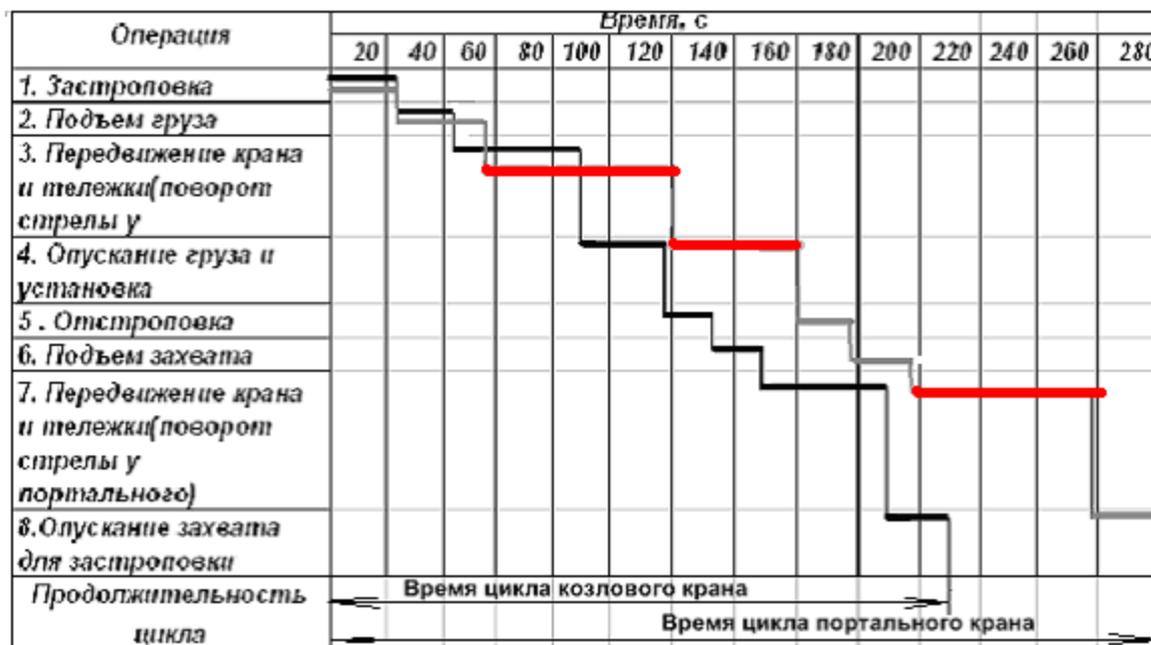


Рис. 3. Линейный пооперационный график работы козлового и портального кранов

Из рис. 3 видно, что время цикла работы козлового крана меньше времени цикла работы портального крана, за счет чего увеличивается производительность козлового крана.

Производительность портальных кранов грузоподъемностью 40 т и 16 т:

$$P_{ПК-40} = \frac{40 \cdot 3600}{280} = 514 \text{ т / час};$$

$$P_{ПК-16} = \frac{16 \cdot 3600}{280} = 206 \text{ т / час}.$$

Производительность козлового крана грузоподъемностью 40 т:

$$P_{КК-40} = \frac{40 \cdot 3600}{210} = 686 \text{ т / час}.$$

Таким образом, производительность тыловой зоны увеличится на 40 %.

В пролете козлового крана появятся дополнительные складские площади. Будет возможно хранение металлопроката и контейнеров на отдельных складах.

В целом использование оптимальной схемы механизации даст возможность уменьшить эксплуатационные расходы и увеличить доходы причала, т. к. грузооборот увеличится на 18-22 %.

УДК 625(075)

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МАШИН ДЛЯ ЛЕТНЕГО И ЗИМНЕГО СОДЕРЖАНИЯ ДОРОГ

М.И. Кусенко

Научный руководитель Г.С. Гришко
Сибирский федеральный университет

Проблема содержания дорог в нашей стране традиционно является актуальной и на сегодняшний день не имеет однозначного и эффективного решения. Машины с различными рабочими органами, используемые в практике коммунальных и дорожных служб, не обеспечивают полного удаления загрязнений, льда и снега, а применение подобных рабочих органов приводит к повреждению дорожного покрытия.

Технология удаления льда, снега и загрязнений, как правило, представляет собой механическое воздействие рабочего органа, перемещаемого базовой машиной (колесным тягачом), на систему лед (снег, загрязнения) – дорожное покрытие. Кроме транспортной и энергетической функции базовая машина создает вертикальное усилие на рабочем органе, т. е. прижимает его к дорожному покрытию.

Данная конструктивная схема обладает рядом существенных недостатков: неэффективное использование веса машины, так рабочий орган, как правило, находится за пределами колесной базы; увеличение габаритов машины, уменьшение ее маневренности и вследствие этого невозможность эффективной и оперативной работы в плотном потоке городского транспорта.

Целью проводимого исследования является повышение эффективности процесса удаления загрязнений, льда и снега с дорожных покрытий за счет использования режима принудительного кинематического рассогласования и совмещения функций рабочего органа и движителя.

Основным предлагаемым методом повышения эффективности удаления льда, снега и загрязнений с дорожных покрытий является принципиально новый концептуальный подход к осуществлению рабочего процесса.

Он заключается в использовании эффекта кинематического рассогласования (несовпадения окружных скоростей движителей передней и задней оси полноприводного транспортного средства) для отбора полезной мощности и привода рабочих органов щеточного типа, устанавливаемых вместо приводных колес. При этом рабочий орган машины дополнительно выполняет функцию движителя.

Подобный подход позволит упростить конструкцию и эксплуатацию машины, уменьшить ее габариты, повысить эффективность и КПД рабочего процесса.

Экономическая значимость проекта заключается в создании более конкурентоспособного (с меньшей стоимостью) и эффективного (с производительностью) рабочего оборудования машин для зимнего содержания дорог.

Предлагаемые концептуальные решения в области рабочего оборудования могут быть реализованы в дорожно-строительных машинах различного назначения.

Принципиальная схема рабочего органа разрабатываемого проекта представлена на рис. 1.

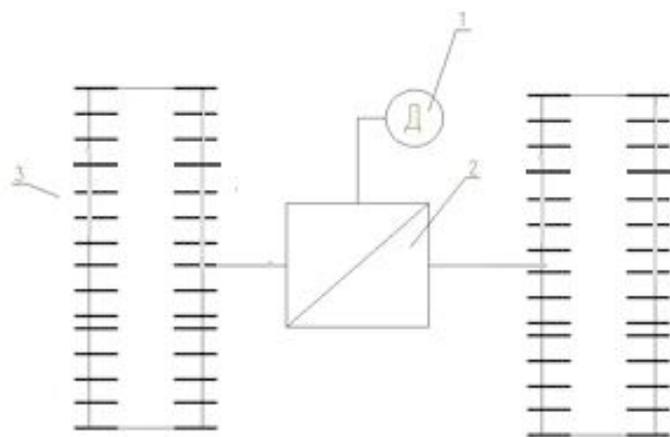


Рис. 1. Принципиальная схема рабочего органа

Машина состоит из двигателя 1, механизма 2 изменения частоты и направления вращения, который передает вращение на приводные оси. На осях вместо колес устанавливаются рабочие органы 3 роторного типа – щетки.

Машина работает следующим образом. В транспортном положении на осях устанавливаются колеса, а механизм 2 изменения частоты направления вращения передает на оси вращение с одинаковой частотой и направлением. Для осуществления рабочего процесса удаления снега, льда или загрязнений с дорожного покрытия на одну из приводных осей вместо колес устанавливаются щетки 3. Выполнение полезной работы и отбор мощности для передачи ее на рабочий орган происходит за счет того, что

механизм 2 изменения частоты вращения передает на ось вращения с различной частотой. При этом обе из осей работают в транспортном режиме и обеспечивают перемещение транспортного средства.

На данном этапе разработана математическая модель исследования, разрабатывается опытная физическая модель с последующим ее испытанием и изучением технических характеристик.

Отрасли экономики, в которых возможно применение полученного в результате проведенных исследований инновационного продукта – коммунальные и дорожные службы. Уникальность продукта состоит в том, что вместо колесных движителей установлены щетки, выполняющие роль движителя и одновременно рабочего органа. При этом планируется осуществлять работы по содержанию дорожного покрытия с меньшими затратами сил, средств и времени и с большей эффективностью.

Проект перспективной машины для содержания дорожных покрытий предполагается к внедрению на предприятиях, осуществляющих выпуск дорожно-строительной техники или желающих организовать производство подобных машин.

УДК 621883.61

ИССЛЕДОВАНИЕ САМОУСТАНОВЛИВАЕМОСТИ ПЛАНЕТАРНОЙ МУФТЫ МЕХАНИЗМА ПОДЪЕМА МОСТОВОГО КРАНА ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ 500 т.

А.В. Оглоблин

Научные руководители Д.Д. Абазин, Л.Ф. Москвичева
Сибирский федеральный университет

Нарушение нормальных режимов работы привода механизма подъема мостового крана обусловило необходимость детального анализа работоспособности планетарной муфты, встроенной в цилиндрический пятиступенчатый редуктор (рис. 1).

Рациональность конструирования проектируемого механизма состоит в использовании статически определимых систем, что позволяет расширить допуски на изготовление, упростить конструкцию механизма, уравнивать потоки энергии в симметричных ветвях, а, следовательно, повысить нагрузочную способность и КПД.

Если проследить процесс самоустановки звеньев планетарного ряда муфты под действием внешней силы F (рис. 2, а), при неподвижном водиле, при наличии кинематических пар 2 и 3 класса, становится ясно, что са-

моустановка вызывает деформацию звеньев и неравномерность распределения нагрузки по сателлитам и высоте зубьев. Сателлиты могут устанавливаться на подшипниках 5-ого класса (рис. 2, а) или на сферических подшипниках 3 класса (рис. 2, б).

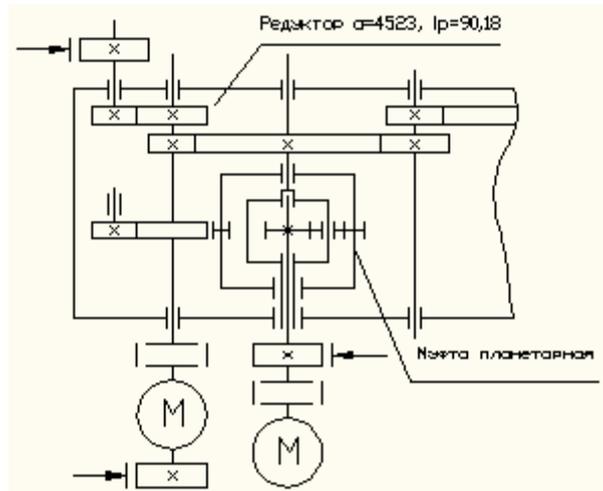


Рис. 1. Редуктор механизма подъема с встроенной планетарной муфтой

Задача в нашем конкретном случае состоит в поиске такой статически определимой системы, в которой бы не были нарушены функциональные качества и многопоточность энергии в планетарном ряду. Для исследования структуры планетарной муфты (рис 2, а, б) используем известные в теории механизмов и машин структурную формулу А.П. Малышева по определению избыточных связей q :

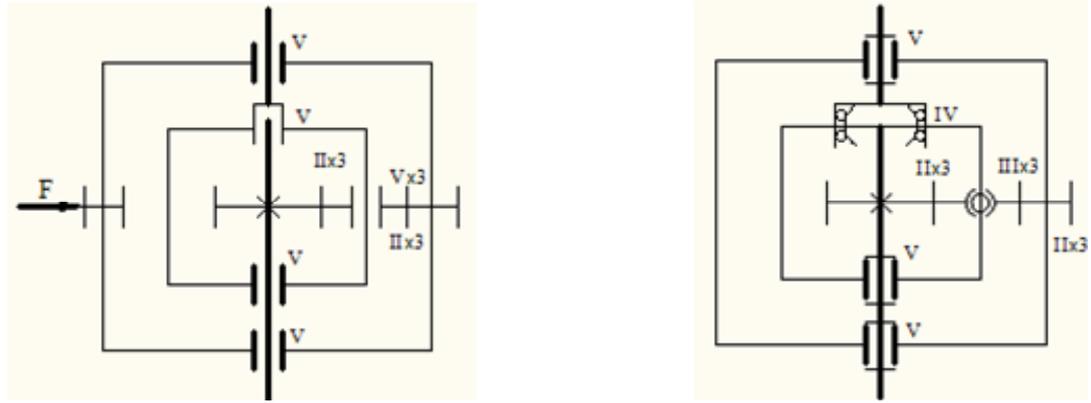
$$q = W - 6n + 5P_5 + 4P_4 + 3P_3 + 2P_2 + P_1, \quad (1)$$

где W – подвижность механизма; n – число подвижных звеньев; P_1, P_2, \dots, P_5 – кинематические пары первого, второго и т. д. до пятого класса.

Избыточные, вредные пассивные связи приводят к дополнительным деформациям и потерям энергии при работе механизма. Уменьшить их число в схеме механизма можно:

- исключением отдельных кинематических пар;
- заменой пар с большим числом связей парами с меньшим числом связей, т. е. заменой низших кинематических пар – высшими;
- введением в кинематическую цепь дополнительных подвижных звеньев.

Ниже проведено сравнение двух вариантов однорядного блока, состоящего из центрального «солнечного» колеса, венца – «короны» и трех сателлитов с их подшипниками. Тогда по формуле (1) для 1-ого варианта планетарного и дифференциального ряда получаем $q = 18$ и $q = 13$ (рис 2, а), для 2-ого варианта получим соответственно $q = 11$, $q = 6$ (рис 2, б).



	w	n	P5	P4	P3	P2	P1	q
Пл	1	5	7	0	0	6	0	18
Д	2	6	7	0	0	6	0	13

а

	w	n	P5	P4	P3	P2	P1	q
Пл	1	5	3	1	3	6	0	11
Д	2	6	3	1	3	6	0	6

б

Рис. 2. Кинематические схемы и сравнительный анализ исходной (а) и предлагаемой (б) муфты

Более рациональный вариант кинематической цепи показан на рис. 3. В данной схеме введено дополнительное подвижное звено 4.

По формуле (1) в схеме, представленной на рис. 3, отсутствуют избыточные связи для планетарной и дифференциальной муфт.

Чтобы разобраться в радиальных подвижностях звеньев на рис. 2, а, рассмотрим скорости при неподвижном водиле и радиальном перемещении короны (венца) со скоростью изображенной вектором \overline{PC} (рис. 4).

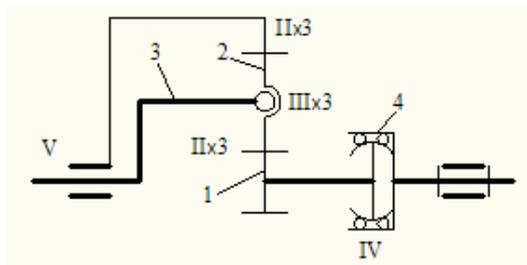
Под действием силы \overline{F} эту скорость получают и точки венца C' , C'' , C''' . Скорости перемещения совпадающих с ними сателлитов, изображенные векторами \overline{PC}' , \overline{PC}'' , \overline{PC}''' , будут направлены перпендикулярно радиусам $B'_V C'$, $B''_V C''$, $B'''_V C'''$, (рис. 4). Т. е. абсолютные скорости (перемещения) точек сателлитов равны:

$$\left. \begin{aligned} \overline{V}_{C'} &= \overline{V}_C + \overline{V}_{C'C} \\ \overline{V}_{C''} &= \overline{V}_C + \overline{V}_{C''C} \\ \overline{V}_{C'''} &= \overline{V}_C + \overline{V}_{C'''C} \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

где. $\overline{V}_C \parallel \overline{F}$, $\overline{V}_{C'C} \parallel \overline{C}'\overline{X}_3$, $\overline{V}_{C''} \parallel \overline{C}''\overline{X}_2$, $\overline{V}_{C'''} \parallel \overline{C}'''\overline{X}_1$.

При графическом решении системы (3) треугольники скоростей замыкаются линиями, изображающими скорости скольжения зубьев и направленными по осям координат X_1 , X_2 , X_3 касательно к их профилям. Скорость точки A''_{II} сателлита будет направлена противоположно скорости точки C''_{II} (вследствие равных радиусов). Поэтому $Pa' = PC'$, $Pa'' = PC''$, $Pa''' = PC'''$. Скорости точек A' , A'' и A''' центрального колеса найдем, про-

ведя из точек a' , a'' и a''' направления скоростей скольжения зубьев, параллельные касательным к их профилям, эти вектора пересекаются в одной точке C_{II} . Следовательно, движение центрального колеса будет поступательным и определяется вектором \vec{PC}_{II} .



	w	n	P5	P4	P3	P2	q
Пл	1	6	2	1	3	6	0
Д	2	7	3	1	3	6	0

Рис. 3. Кинематическая схема планетарной муфты с подвижным звеном

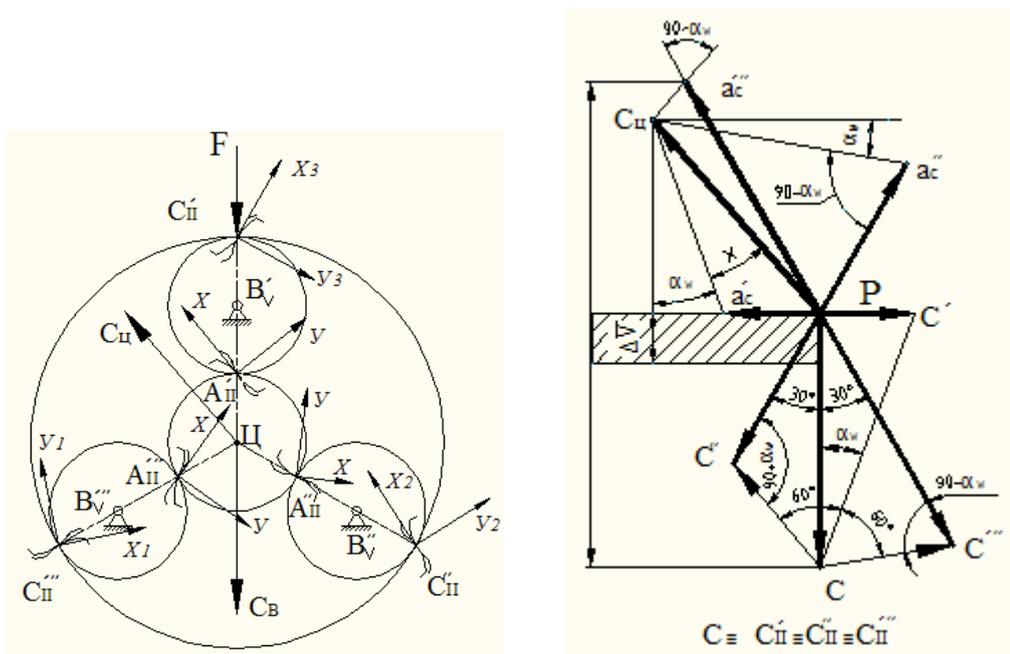


Рис. 4. План скоростей (перемещений) планетарного ряда

Определим величину и направление скорости центра солнечного колеса, обозначив угол $\angle PC_{II} a' = x$, имеем:

$$\text{Из } \triangle PC C': \quad PC' = PC * \tan \alpha_w = Pa';$$

$$\text{Из } \triangle PC C'': \quad PC'' = PC \times \frac{\sin(60 - \alpha_w)}{\sin(90 + \alpha_w)} = Pa'';$$

$$\text{Из } \triangle PC_{II} a': \quad PC C_{II} = \frac{\sin(90 + \alpha_w)}{\sin x} = PC \frac{\tan \alpha_w \times \sin(90 + \alpha_w)}{\sin x} = -PC \frac{\sin \alpha_w}{\sin x};$$

$$\text{Из } \triangle PC_{II} a'':$$

$$PC C_{II} a'' = Pa'' \frac{\sin(90 - \alpha_w)}{\sin(60 - x)} = PC \frac{\sin(90 - \alpha_w) \times \sin(60 - \alpha_w)}{\sin(60 - x) \times \sin(90 + \alpha_w)} = -PC \frac{\sin(60 - \alpha_w)}{\sin(60 - x)}.$$

$$\text{Получим } P_C C_{\alpha} = -PC \frac{\sin \alpha_W}{\sin x} = -PC \frac{\sin(60 - \alpha_W)}{\sin(60 - x)}. \quad (4)$$

После преобразования имеем $\sin \alpha_W \cos x = \sin x \cos \alpha_W$ или $\sin(\alpha_W - x) = 0$, отсюда $x = \alpha_W$.

Подставим $x = \alpha_W$ в формулу (4), получим $P_C C_{\alpha} = PC$, т. е. при радиальном смещении венца центральное колесо будет двигаться с той же скоростью в направлении, отклоняющемся от противоположного вектора \overline{PC} на угол $\varphi = 2\alpha_W$. Сравнивая скорости перемещения венца и центрального колеса в радиальном направлении действия силы \overline{F} получим $\Delta V = PC - PC_{\alpha} \times \sin \varphi$. Для нулевых колес (нарезанных без смещения) $\alpha_W = \alpha = 20^\circ$, тогда

$$\Delta V = PC \times (1 - \sin 2\alpha_W) = 0,357PC. \quad (5)$$

Таким образом, используя кинематическую схему на рис. 2, а при проектировании планетарной муфты механизма подъема мостового крана выявлено следующее:

- избыточных вредных связей $q = 18$;
- разность между скоростями перемещения венца и центрального колеса в процессе самоустановки звеньев вызывает деформацию звеньев и неравномерность распределения нагрузки по сателлитам и высоте зубьев.

Вероятнее всего, именно эти указанные недостатки приводили к разрушению планетарной муфты. Если установить сферические подшипники 3-го и 4-го классов и добавить подвижное звено 4 в планетарную муфту (рис. 3), то можно устранить деформацию водила и при этом все избыточные связи устраняются ($q = 0$).

УДК 629.114

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДВЕСКИ ДЛЯ ВНЕДОРОЖНИКА ПОЛНОЙ МАССОЙ 1,5 ТОННЫ

С.О. Осипов

Научный руководитель Ю.М. Яковлев

Сибирский федеральный университет

В настоящее время среди любителей экстремального автоспорта растет спрос на внедорожники группы ТР-3 (ТРОФИ-РЕЙД), которая

включает в себя автотранспортные средства полной массой от 1,2 до 2,5 т. Улучшение эксплуатационных свойств внедорожников невозможно без совершенствования конструкции подвески, которая осуществляет упругую связь колес с несущей системой автомобиля.

Проведен анализ подвесок автомобилей серийного производства Японии (Toyota Land Cruiser, Mitsubishi-Pajero) и РФ (УАЗ-3160 «Патриот», ВАЗ-2121 «Нива») с колесной формулой 4x4 и полной массой 1,55 – 3,90 т. Подвески анализируемых внедорожников различаются по конструкции направляющего аппарата, упругого элемента, гасителя колебаний. Фундаментальное преимущество независимой подвески на двойных поперечных рычагах — возможность для проектировщика путём выбора определённой геометрии рычагов жёстко задать все основные установочные параметры подвески — изменение развала колёс и колеи при ходах сжатия и отбоя, высоту продольного и поперечного центров крена, и т. д. Кроме того, такая подвеска нередко полностью монтируется на крепящейся к кузову или раме поперечине, и таким образом представляет собой отдельный агрегат, который может быть целиком демонтирован с автомобиля для ремонта или замены. Преимуществом такой подвески также является малая неподрессоренная масса, по сравнению с зависимой подвеской. При наезде на препятствие, колесо движется строго вертикально, всегда сохраняя перпендикулярность дороге. Положение одного колеса не влияет на положение другого. Все это обеспечивает лучший контакт колеса с дорогой, лучшую управляемость и более мягкий ход.

На рис. 1 приведен вариант спроектированной подвески правого переднего колеса внедорожника СФУ-3111 со статической нагрузкой 345 кг и имеющей ход до ограничителя на сжатие 100 мм, на отдачу – 200 мм.

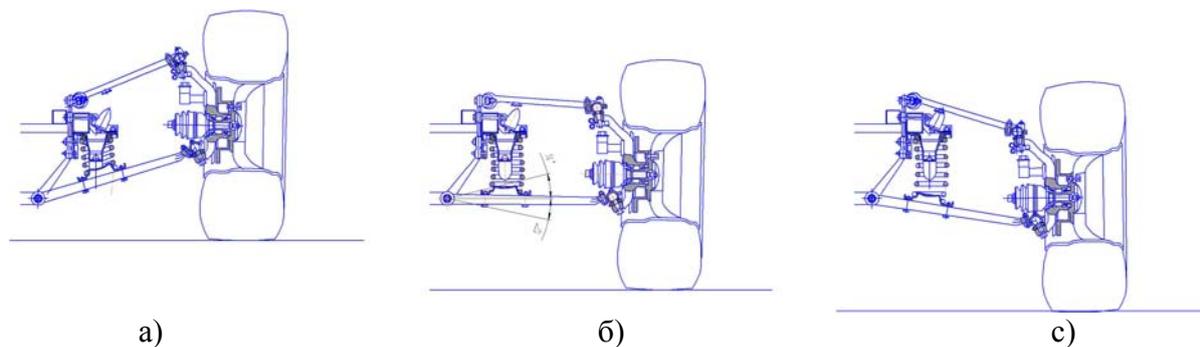


Рис. 1. Вид подвески правого переднего колеса внедорожника СФУ-3111 при крайних (а, в) и среднем (б) положениях колеса

Разработанная подвеска – независимая двух рычажная, с поперечным расположением рычагов, с цилиндрическими пружинами и телескопическими гидравлическими амортизаторами. Соотношение длин рычагов направляющего аппарата 0,66. Рычаги трубчатые, сварные. Гидравлические

амортизаторы двухтрубные, двухстороннего действия рассчитаны на обеспечение коэффициента затухания 0,15. Цилиндрическая пружина одним концом упирается в чашку нижнего рычага направляющего аппарата, верхним – в штампованную головку поперечины. Упругий элемент поддерживает собственную частоту колебаний подрессоренной массы на уровне 0,97 Гц.

На рис. 2 приведены кинематические характеристики направляющего аппарата: зависимость изменения колеи от хода подвески и зависимость наклона колеса от хода подвески. Характеристики получены путем моделирования работы подвески с использованием пространственной трехмерной модели. Для сравнения выполнено моделирование работы рычажных подвесок автомобилей ВАЗ-2101 и ГАЗ-3102.

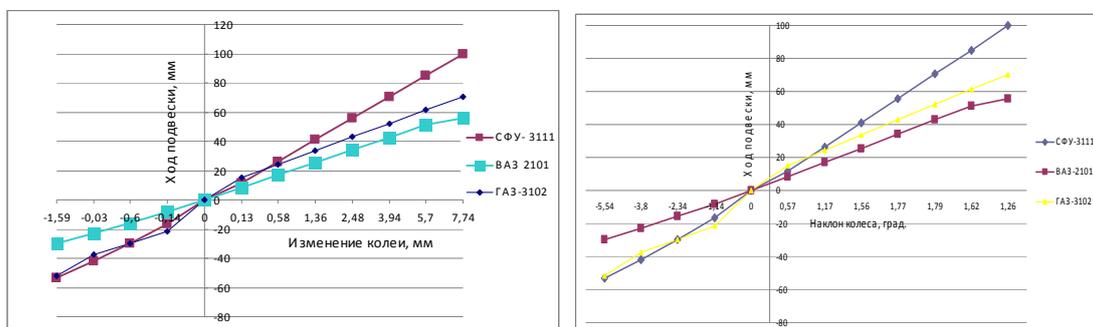


Рис. 2. Кинематические характеристики направляющего аппарата рычажной подвески СФУ-3111, ВАЗ-2101, ГАЗ-3102

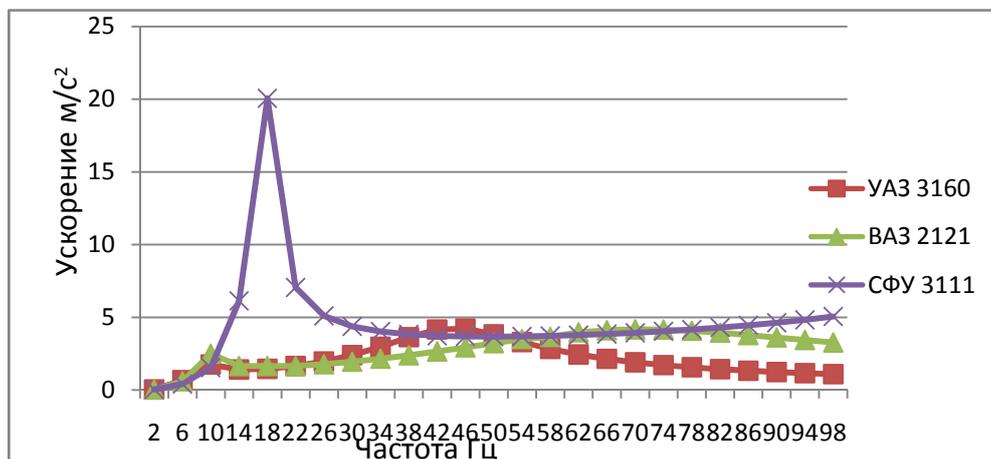


Рис. 3. Амплитудно- частотные характеристики передних подвесок СФУ-3111, ВАЗ-2121, УАЗ-3160

Для оценки плавности хода внедорожника проведено с использованием двухмассовой модели исследование работы подвески в диапазоне частот 0-22,4 Гц при амплитуде колебаний опорной поверхности 0,01 м. Полученная амплитудно-частотная характеристика приведена на рис. 3.

Для сравнения там же показаны АЧХ передних подвесок внедорожников УАЗ-3160 «Патриот» и ВАЗ-2121 «Нива».

Работоспособность деталей направляющего аппарата разработанной подвески просчитана с использованием программного продукта SW. Нагрузки заданы для расчетного случая – проезд через единичную неровность с коэффициентом динамичности, учитывающим увеличение нормальной реакции равным 3. На рис. 4 приведены эпюры напряжений, действующие на нижний рычаг направляющего аппарата.

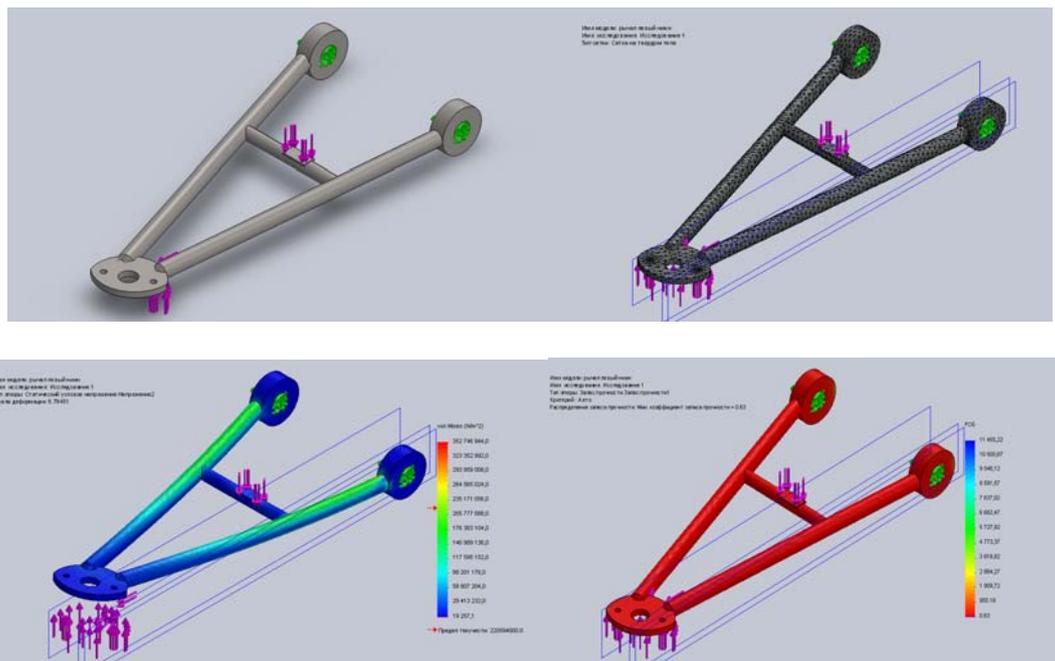


Рис. 4. Модель и эпюра напряжений в нижнем рычаге направляющего аппарата.

На рис. 5 приведен вариант внедорожника СФУ-3111 полной массой 1,5 т, дорожным просветом 270 мм, с одинаковыми по конструкции передней и задней подвесками.

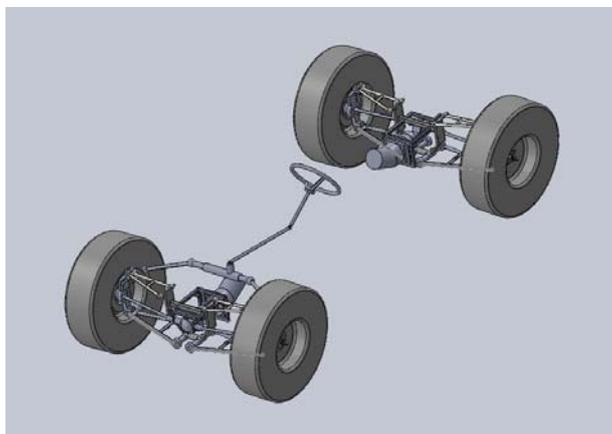


Рис. 5. Внедорожник СФУ-3111 с одинаковыми по конструкции передней и задней подвесками

По результатам проектирования и исследования передней подвески внедорожника СФУ-3111 можно сделать следующие выводы: для улучшения кинематических характеристик направляющего аппарата следует уточнить размеры стойки; для уменьшения ускорения в зоне низкочастотного резонанса поднять коэффициент затухания; проверить на прочность рычаги с различным профилем.

УДК 621. 643

ИССЛЕДОВАНИЕ БЕСТРАНШЕЙНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

П.С. Эвентов

Научный руководитель Р.М. Авдеев
Сибирский федеральный университет

Возрастающий объем работ по ремонту и восстановлению подземных трубопроводов привел к необходимости внедрения бестраншейных технологий, т. к. традиционные способы менее производительны и более затратны. Основным достоинством новых технологий является минимальные объемы земляных работ, что особенно ценно в стесненных городских условиях.

Наиболее широкое распространение, среди бестраншейных методов ремонта трубопроводов, получили технологии связанные с разрушением старых и прокладкой новых трубопроводов. Но по мере их использования и совершенствования выделился недостаток, а именно значительное усилие, необходимое для перемещения рабочего органа, разрушение старого и прокладку нового трубопровода, это приводит к потребности в более мощном и энергоемком оборудовании.

Однако существует и другой вариант развития оборудования для бестраншейного ремонта трубопроводов, это снижение усилия на движение рабочего органа. Одним из вариантов снижения усилия на разрушение старого трубопровода может быть подведение вибрации к рабочему органу. В качестве варианта для усовершенствования был выбран рабочий орган, представляющий собой конический расширитель с одним или более пластинчатыми или дисковыми ножами (рис. 1). Принцип его работы заключается в разрезании разрушаемого трубопровода 4 ножом 2, установленным в коническом расширителе 1, расширяющим разрушаемый трубопровод 4 до размеров, позволяющих затянуть в образуемую скважину новый трубопровод 3 большего диаметра. Вибратор 6 крепится к расширителю 1.

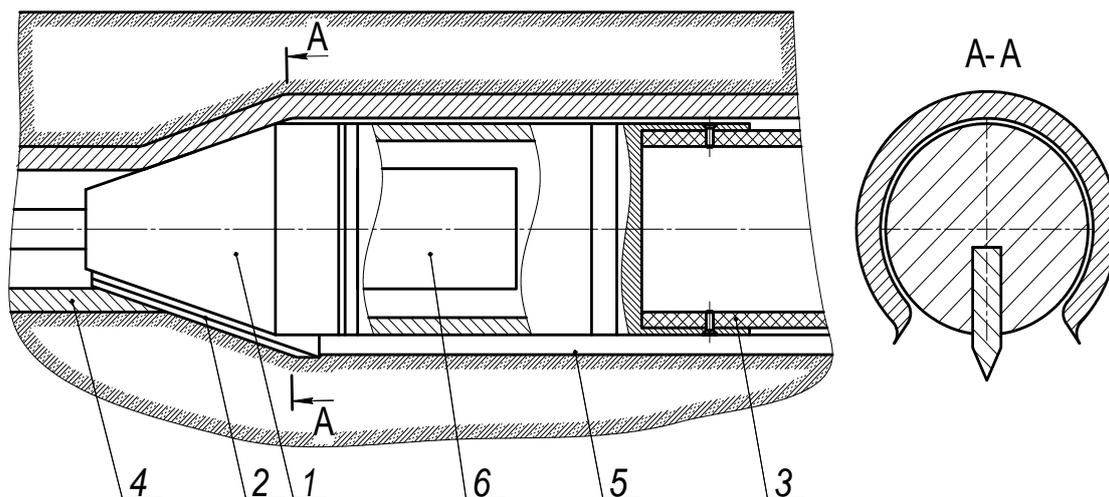


Рис. 1. Рабочий орган с возможностью вибрации для бестраншейного ремонта трубопроводов: 1 – конический расширитель; 2 – нож; 3 – протягиваемый новый трубопровод; 4 – разрушаемый старый трубопровод; 5 – разрушенный старый трубопровод; 6 – вибратор

Пробные эксперименты с использованием модели рабочего органа (рис. 2) показали, что применение вибрации позволяет снизить усилие, затрачиваемое на разрезание старого трубопровода в 1,4-1,7 раза. Например, при увеличении частоты вибрации от 100 до 400 Гц усилие на разрезание старого трубопровода уменьшается в 1,5 раза (рис. 3).

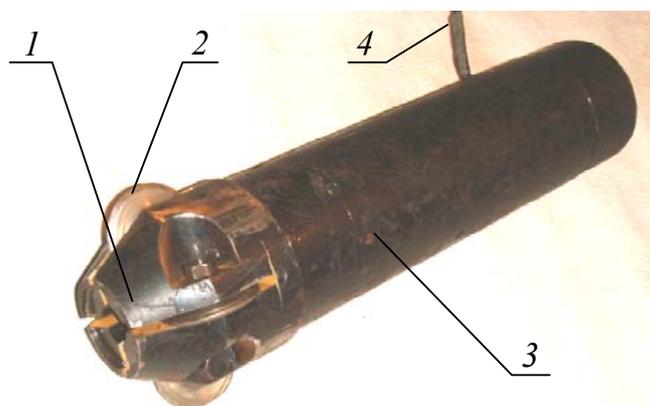


Рис. 2. Экспериментальная модель рабочего органа с возможностью вибрации для бестраншейного ремонта трубопроводов: 1 – конический расширитель; 2 – нож; 3 – корпус вибратора; 4 – кабель питания

Следующей задачей является определение влияния вибрации на силу трения рабочего органа о старый трубопровод и сопротивление деформа-

ции грунта. Для решения этой задачи предлагается изготовить стенд и провести на нем эксперименты. Выполненный патентный поиск позволил выбрать в качестве прототипа стенд по патенту А.А. Шайхадинова и В.И. Емелина, позволяющий имитировать взаимодействие грунта и рабочего органа. В настоящее время производится доработка схемы, изготовление рабочих чертежей и подготовка к изготовлению стенда.

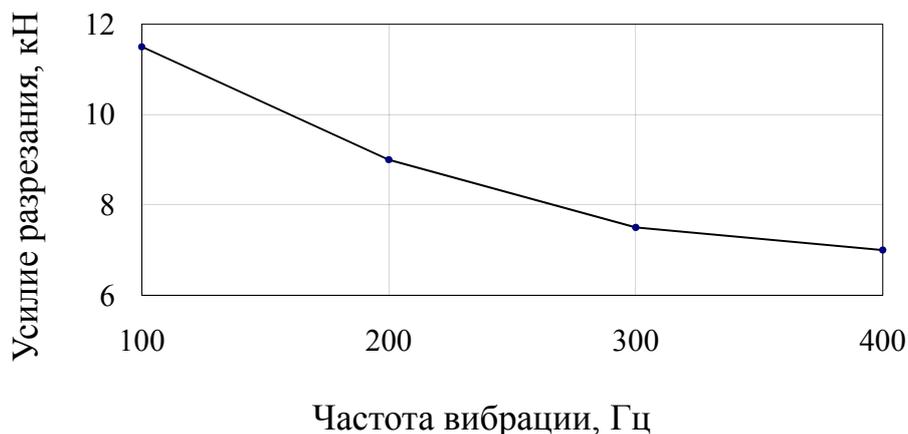


Рис. 3. График зависимости усилия разрезания старого трубопровода от частоты вибрации рабочего органа

Стенд для испытания и исследования рабочих органов для бестраншейной замены трубопроводов (рис. 4) работает следующим образом: включают гидродомкраты 8, 9, штоки которых, выдвигаясь, воздействуют на швеллер 10. Смещаясь, он через тягу 12 тянет за собой рабочий орган 4 и трубу 7 с грузом 29 переменного веса. Двигаясь, рабочий орган 4 с ножами 5 внедряется в трубу 6, одновременно разрушая ее и впрессовывая обломки в окружающий грунт 2. При этом усилие сопротивления фиксируют на динамометре растяжения 11, а скорость протягивания рабочего органа 4 задают скоростью выдвигания штоков гидродомкратов 8, 9. Варьирование характеристик грунта 2 осуществляют посредством изменения состава имитируемого грунта 2, типа и толщины пористой резины 22, а также создаваемым усилием гидродомкратов 20, 21, которое фиксируется динамометром сжатия 18. Достигнув крайнего положения, штоки домкратов 8, 9 останавливаются, сигнализируя об окончании эксперимента. В результате работы на предлагаемом стенде можно получать зависимости сил сопротивления, возникающих при бестраншейной замене трубопроводов от различных параметров рабочего органа старого и нового трубопроводов, а также характеристик грунта. Полученные зависимости позволят спроектировать рабочий орган с параметрами, обеспечивающими минимальные усилия сопротивления, возникающими при бестраншейной замене трубопроводов.

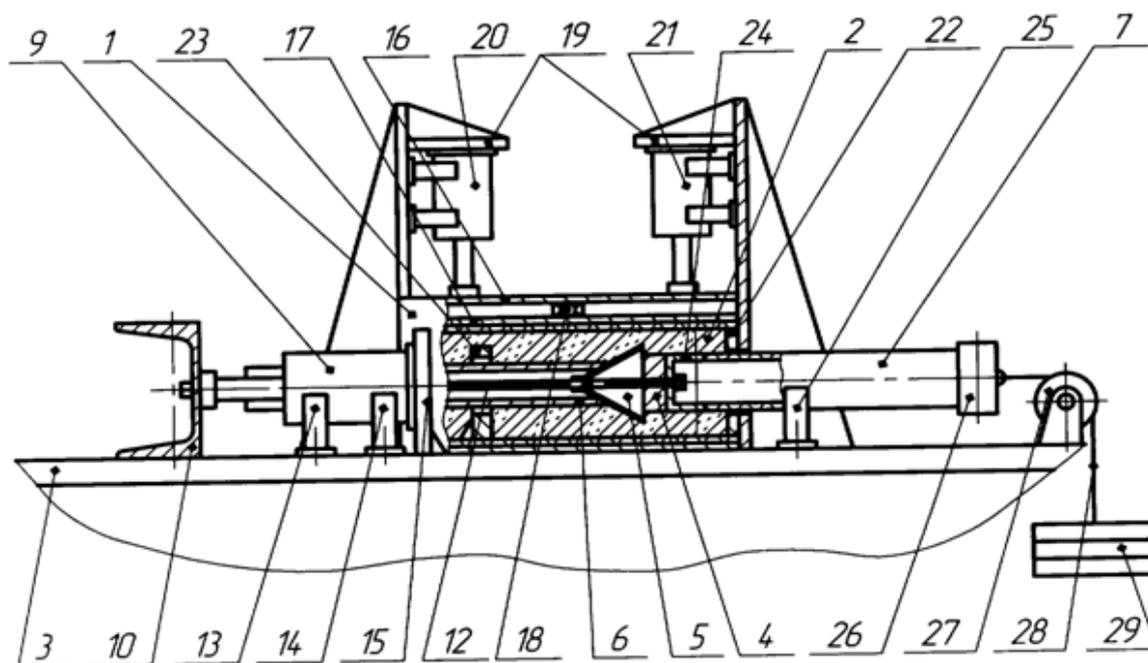


Рис. 5. Стенд для испытания и исследования рабочих органов для бестраншейной замены трубопроводов: 1 – короб; 2 – имитируемый грунт; 3 – основание; 4 – рабочий орган; 5 – ножи; 6, 7 – трубы; 8, 9 – гидродомкраты; 10 – швеллер; 11 – динамометр растяжения; 12 – тяга; 13, 14 – опоры; 15 – упоры; 16, 17 – прижимные плиты; 18 – динамометр сжатия; 19 – упоры; 20, 21 – гидродомкраты; 23 – фиксатор; 24 – крепление; 25 – опора; 26 – фланец; 27 – блок; 28 – трос; 29 – груз переменного веса

Предлагаемый стенд для испытания и исследования рабочих органов по бестраншейной замене трубопроводов позволяет испытывать рабочие органы в условиях, приближенных к реальным, обеспечивать возможность измерения и изменения основных технологических и конструктивных параметров, механизировать регулировку давления грунта и промышленно применим. Непосредственное внедрение результатов исследования в производство позволит снизить усилие, необходимое на перемещение рабочего органа, и повысить производительность процесса ремонта трубопроводов.

ТРАНСПОРТ: ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 625.46

СКОРОСТНОЙ ТРАМВАЙ – АЛЬТЕРНАТИВА МЕТРО

М.О. Королева, А.А. Кузьмин
Научный руководитель Н.В. Голуб
Сибирский федеральный университет

Скоростной трамвай – это современная транспортная система, обеспечивающая высокую безопасность и скорость движения вагонов (до 80 км/ч) благодаря обустройству трамвайной линии и подвижного состава по специальной технологии. В зарубежной литературе скоростной трамвай называют «легкорельсовым транспортом» (Light Rail Transit – LRT) в отличие от традиционного метрополитена и электропоездов, которые относятся к категории «тяжелорельсовых» (Heavy Rail).

В отличие от автомобильных магистралей, пробки на трамвайных магистралях исключены. Въезды на автомагистрали никем не ограничены; когда количество въезжающих на магистраль автомобилей превышает её пропускную способность, образуется пробка.

В отличие от метрополитена, для скоростного трамвая не требуется абсолютного обособления трассы, которое приводит к значительному росту стоимости строительства, вынуждая размещать линии метро под землёй почти на всём протяжении.

Далее приведены данные, сравнивающие скорость сообщения метрополитена и скоростного трамвая, а также пассажиропоток (табл. 1):

Таблица 1. Показатели работы транспорта

Показатель \ Вид транспорта	Метрополитен	Скоростной трамвай
Пассажиропоток	60-70 тыс. пасс/час	20-30 тыс. пасс/час
Скорость сообщения	35-45 км/ч	25-35 км/ч

Мировой опыт

Трамвай во всём мире переживает второе рождение. За последние 30 лет заново открыты трамвайные системы более чем в ста городах мира (всего городов с трамвайным транспортом насчитывается более 400).

Значительный интерес к трамваю вернулся благодаря его эффективности при сравнительно низкой стоимости строительства. По сравнению с метрополитеном, трамвай перевозит не намного меньше пассажиров (20-30 тысяч в час, против 60-70 на метрополитене) (табл. 1). Однако стоимость строительства новых линий примерно в 3-8 раз ниже, чем для новых линий метро, а скорость и надёжность сообщения, комфорт – почти на уровне метрополитена (скорость сообщения на трамвае: 25-35 км/ч, на метрополитене: 35-45 км/ч) (табл. 1).

В отличие от метрополитена, для скоростного трамвая не требуется абсолютного и полного обособления трассы, которое и приводит к резкому росту стоимости строительства метро, заставляя сооружать трассу под землёй на всём протяжении.

Используется и явное преимущество трамвая – возможность сойти со скоростной линии и перейти на «обычные» уличные линии, по которому трамвай без пересадок доставит пассажиров из центра города прямо к дому. Пересадка между линиями скоростного трамвая осуществляется, как правило, на той же платформе или переходом через платформу.

Успех этому виду транспорта гарантирован простым расчётом: по одной полосе движения он перевозит в час в 10 раз больше, чем автомобильный транспорт, и в 3-4 раза больше пассажиров, чем автобус и троллейбус. Поэтому в условиях дефицита городского пространства, когда каждая полоса для транспорта выделяется с трудом, трамвай является оптимальным решением, как для центров городов, так и для окраин.

Подвижной состав. Вагоны

Высокая скорость сообщения обеспечивается, прежде всего, особенностями прокладки линии трамвая, но дополнительный эффект по увеличению скорости и надёжности работы трамвая обеспечивают следующие характеристики подвижного состава:

- ✓ низкий уровень пола;
- ✓ достаточное количество дверей;
- ✓ наличие кабины в голове и в хвосте трамвайного поезда;
- ✓ максимальная скорость движения до 90 км/ч.

Учитывая значительный пассажиропоток, высокую значимость системы для города и желание достичь максимального качества обслуживания пассажиров, к подвижному составу предъявляются дополнительные требования:

- ✓ бесшумность (замеры шумов – на уровне автомобиля бизнес-класса);

- ✓ двухступенчатое рессорное подвешивание для снижения вибрации;
- ✓ высокая вместимость (300 и более человек);
- ✓ надежная вентиляция и отопление вагонов;
- ✓ наличие мест для пассажиров в инвалидной коляске, пассажиров с детскими колясками;
- ✓ возможность прохода по всей длине вагона (сочленённый вагон).

Вагоны, удовлетворяющие требованиям для скоростных трамвайных линий, производятся многими крупнейшими мировыми производителями рельсового подвижного состава, в том числе корпорациями Siemens, Alstom, Bombardier, AnsaldoBreda, Skoda, а также в России – Усть-Катавским вагоностроительным заводом.

Пути

Высокие скорости и надёжность движения обеспечиваются, главным образом, благодаря свойствам линии скоростного трамвая и техническим приёмам, исключающим появление на путях пешеходов и постороннего транспорта:

- ✓ пути с открытыми шпалами (железнодорожные на железобетонных шпалах);
- ✓ пересечения в разных уровнях с оживлёнными магистралями и потоками пешеходов;
- ✓ ограждение путей высотой до 1 м;
- ✓ устройство пересечений в одном уровне по принципу железнодорожного переезда без шлагбаума;
- ✓ системы автоматического управления движением поездов для обеспечения безопасности и исключения возможностей столкновений, а также для регулирования примыкающих к магистрали уличных трамвайных линий;
- ✓ стрелочные съезды через каждые 2-3 км для аварийного оборота подвижного состава.

Снижение шума и вибрации при прохождении трамвая обеспечиваются применением современных конструкций трамвайных путей, благодаря которым за рубежом трамвай признаётся самым бесшумным видом транспорта:

- ✓ стрелки с гибкими острьяками для плавного прохождения вагона;
- ✓ температурные компенсаторы и сваривание рельсов в плети для исключения вибрации на стыках (бесстыковый путь);
- ✓ блочная конструкция путей в зоне переездов для плавного пересечения путей автотранспортом;
- ✓ использование шумо- и вибропоглощающих конструкций пути в местах приближения жилой застройки.

Станции

Для сокращения времени стоянки, пропуска значительного пассажиропотока и обеспечения комфорта необходимы:

- ✓ навес, обеспечивающий защиту от осадков по всей ширине платформы в зоне посадки;
- ✓ отапливаемые помещения, совмещенные с объектами сервиса и торговли;
- ✓ место для установки линейки турникетов и автоматов по продаже билетов (аналогично станциям метро);
- ✓ системы информирования о движении поездов трамвая;
- ✓ доступ для инвалидов и пассажиров с колясками;
- ✓ подъёмники (эскалаторы и лифты) на станциях, размещённых на эстакаде или в тоннеле;
- ✓ удобные выходы из подземных переходов (на станциях, размещённых в зоне подземных переходов);
- ✓ длина платформы, достаточная для одновременного прибытия 60-метрового трамвайного поезда или 2-х 30-метровых трамвайных составов.

Станции на линиях скоростного трамвая размещаются преимущественно на уровне земли, чтобы обеспечить максимально удобный вход для пассажиров и снизить стоимость строительства. Возможно размещение станций на эстакадах и в тоннелях, в том числе сооружение объединенного станционного комплекса на 4 пути (2 для метрополитена, 2 – для скоростного трамвая) для обеспечения удобства пересадки.

Часть станций представляют собой сервисно-транспортные терминалы (СТТ), обеспечивающие пересадку с других видов общественного, а также личного транспорта на скоростной трамвай. СТТ выполняют роль перехватывающих парковок, также совмещены с торговыми комплексами. Станции, встроенные в торговые центры, позволят многим покупателям отказаться от личного автомобиля при поездке за покупками, благодаря чему новые торговые центры не увеличат нагрузку на автомобильные дороги.

Развитие сети скоростного трамвая в г. Красноярске

Скоростной трамвай имеет следующие преимущества: это единственный вид наземного транспорта, который технологически в состоянии обеспечить обслуживание мощных пассажирских потоков и имеет лучшие показатели по комплексу характеристик: стоимость – комфорт – безопасность – экологичность.

Согласно данным сайта администрации г. Красноярска, в концепции развития пассажирского транспорта в г. Красноярске на 2011-2015 гг. предлагается осуществление модернизации существующих линий трамвая

в городе, проектирование и строительство новых линий в направлениях с пассажиропотоками достаточной мощности.

Предлагается осуществить следующие мероприятия по технико-экономическому обоснованию, проектированию и строительству новых линий трамвая:

- ✓ пос. Энергетиков – КрасТЭЦ (с устройством эстакады через железнодорожные пути);
- ✓ скоростной трамвайной линии по ул. Свердловской от ул. Матросова до горнолыжного комплекса «Бобровый лог» и далее до парка «Роев ручей»;
- ✓ скоростной трамвайной линии КрасТЭЦ – ЖД Вокзал;
- ✓ скоростной трамвайной линии мкрн. «Солнечный» – ЖД Вокзал;
- ✓ скоростной трамвайной линии мкрн. «Ветлужанка» – КрасТЭЦ.

В последние годы был реализован ряд мероприятий для развития городского пассажирского транспорта. С 2007 года производится обновление подвижного состава городского транспорта, за это время на линии вышли более 450 новых единиц транспорта. Для муниципальных предприятий было приобретено 280 новых современных автобусов, частные перевозчики обновили свой парк 177 автобусами.

Тем не менее, ситуация с работой общественного транспорта в Красноярске требует улучшений. Необходимо решать серьезные вопросы, связанные с качеством обслуживания, безопасностью перевозок, а также состоянием автопарка, как муниципального, так и частного.



Рис. 1. Схема перспективной маршрутной сети скоростного трамвая в г. Красноярске

Далее приведена схема перспективной маршрутной сети скоростного трамвая в г. Красноярске (рис. 1), основанная на схеме, представленной сайтом администрации города Красноярска в разделе «Концепция развития городского транспорта».

Синими линиями обозначена действующая трамвайная сеть, красными – линии, запланированные к реализации в концепции, фиолетовыми – линии перспективного строительства.

УДК 656.13.08

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОДГОТОВКИ ВОДИТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

В.С. Кузнецов

Научный руководитель Н.В. Шадрин

Сибирский федеральный университет

Аварийность на дорогах и улицах Российской Федерации остаётся высокой и может быть отнесена к наиболее серьёзным социально-экономическим проблемам.

Ежегодно в России в 75 % случаях дорожно-транспортные происшествия (ДТП) происходят по вине водителей, а в 25 % – по вине пешеходов.

По мнению специалистов, главной причиной роста аварийности остаётся недисциплинированность участников дорожного движения, отсутствие опыта управления транспортным средством и слабые знания правил дорожного движения (ПДД).

Результаты исследований и данные статистики свидетельствуют, что по причине ошибок водителя происходит от 70 % до 90 % ДТП. Это связано с тем, что до 20 % водителей по своим психофизиологическим характеристикам не соответствуют требованиям данной профессии.

Число водителей за последние годы увеличивается быстрее, чем количество транспортных средств. Ежегодно в России водительское удостоверение получают приблизительно три миллиона человек. Это не просто количественное пополнение водительского состава страны, а существенное увеличение удельного веса молодых начинающих водителей, у которых нет стажа и опыта управления транспортными средствами, и возраст которых тяготеет к нижнему пределу.

Возраст и пол водителя является важнейшими характеристиками, которые должны учитываться при выдаче водительских удостоверений. Тенденция последних лет показывает, что женщины составляют все увеличи-

вающуюся долю водителей, при этом соотношение водителей мужчин и женщин приближается к их доле населения страны. Пожилые и молодые водители составляют все большую долю от общего количества водителей.

Число зарегистрированных ДТП и нарушений правил дорожного движения уменьшается с возрастом водителя. Степень подверженности риску у молодых и пожилых водителей одинакова, но больше чем у водителей среднего возраста. Статистика ДТП позволяет исследовать взаимосвязи между абсолютной частотой ДТП и возрастом.

Следует учитывать фактор появления опыта и увеличения практики водителя. Она может быть различной для возрастных групп, но одинаковые навыки, накопленные в разных возрастных группах, могут давать неодинаковую опытность. Результаты предварительных исследований Хааса и Рекера свидетельствуют о том, что при недостатке опыта начинающие водители в возрасте от 45 до 64 лет имеют по сравнению с другими возрастными группами. Это объясняется тем, что недостаток опыта водителя, с другой стороны, по зрелый возраст – с другой приводят к специфическому обострению чувства опасности (чувство безопасности не ниже нормы). В группе свыше 64 лет необратимо превалирует возрастное снижение операторских способностей.

Взаимосвязь между возрастом и аварийностью проявляется, прежде всего, в группе водителей моложе 25 лет и водителей старше 60 лет. Однако в группе молодых водителей эта взаимосвязь более выражена, и не только по абсолютным показателям, а главным образом его относительной для участия в ДТП

К тому же психологическая сторона аварийности совершенно различна в двух этих группах. Повышение опасности водителя в группе пожилых водителей представляет вполне закономерным из-за снижения функциональных способностей.

Анализ результатов специальных проверок подтвердил, что юный возраст является сравнительно более серьезным фактором в отношении водительского несоответствия по критерию адаптивности, чем небольшой водительский стаж.

С другой стороны, между возрастом и аварийностью, помимо группы водителей моложе 25 лет, имеется связь также в группе водителей старше 60 лет, несмотря на совершенно разные причины совершившихся и возможных ДТП.

Среди основных причин ДТП самый высокий процент имеют происшествия из-за нарушения ПДД водителями транспортных средств. Что, в свою очередь, говорит о некачественной подготовке водителей и малых навыков вождения. Известно, что почти 40 % ДТП происходит из-за превышения скорости движения и несоответствия ее дорожным условиям. Основа безопасной работы водителя заключается в точном определении

того безопасного диапазона скоростей движения, которого требуют конкретные дорожные условия и транспортные ситуации. К сожалению, очень небольшое число водителей выбирает оптимальную скорость.

В связи с этим остро встаёт вопрос о качественной подготовки водителей как важнейшем резерве снижением численности ДТП и тяжести их последствий.

Для Красноярского края и г. Красноярска, отличающегося высоким ростом автомобилизации (табл. 1) и количества водителей (табл. 2), совершенствование подготовки водителей является также наиболее актуальным, как и для страны в целом.

Таблица 1. Количество автотранспортных средств и прицепов к ним, зарегистрированных в Красноярском крае в 2011 г.

Сведения о количестве транспортных средств и прицепов к ним		
За 12 месяцев 2011 г.	Количество транспортных средств	
	Всего	+/- % к *АППГ
Всего транспортных средств	1 078 471	+4,8 %
Легковых автомобилей	775675	+5,4 %
Грузовых автомобилей	139182	+5,1 %
Автобусов	22589	+5,1 %
Мототранспортных средств	59513	+3,9 %
Прицепов	71646	+5 %
Полуприцепов	9566	+11,1 %

* АППГ – аналогичный период прошлого года.

Таблица 2. Количество граждан Красноярского края, получивших водительские удостоверения на право управления автотранспортными средствами в 2011 г.

Количество граждан, получивших водительские удостоверения на право управления автотранспортными средствами за 2011 г.				
За 12 месяцев 2011 г.	Всего	В том числе на право управления		
		Автотранспортными средствами	Троллейбусами	Трамваями
Количество граждан	58309	42125	4	5

Высокий уровень аварийности в г. Красноярске – 1834 ДТП в 2011 г., в которых погибло 113 и ранено 2088 человек также дает повод для обращения особо внимания на проблему повышения качества подготовки водителей автотранспортных средств в автошколах краевого центра.

Для решения проблемы повышения безопасности движения на улично-дорожной сети г. Красноярска, снижения уровня вероятности возникновения ДТП и тяжести их последствий, пути совершенствования подготовки водите-

лей транспортных средств представляются возможными при применении и разработке комплекса мероприятий с учетом зарубежного опыта.

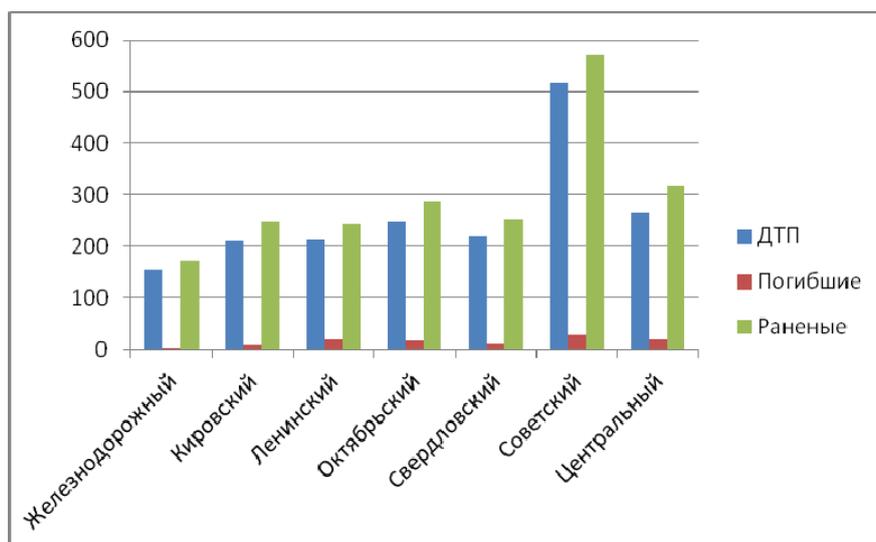


Рис. 1. Распределение количества ДТП, погибших и раненых по районам г. Красноярска в 2011 г.

Так в настоящее время ни в одной стране Евросоюза не принимаются практические экзамены по управлению автомобилем на автодромах, т. к. в искусственных условиях невозможно оценить правильность поведения будущего водителя и адекватность анализа им дорожной ситуации. Различного рода автодромы применяются лишь для имитации опасных дорожных ситуаций с повышенными рисками (контраварийная подготовка).

Учитывая актуальность обеспечения автотранспорта психофизиологически надежными водителями, действенным является использование научно-обоснованных методик подготовки водителей для управления автотранспортными средствами.

УДК 629.113.004.67(045)

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КВАЛИФИКАЦИИ ВОДИТЕЛЕЙ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

Е.С. Фаустов

Научный руководитель В.Н. Катаргин

Сибирский федеральный университет

Оценка уровня квалификации водителей маршрутных автобусов, являющаяся сердцевиной аттестационной процедуры, рассматривается сего-

дня как весьма значимая всеми участниками транспортного процесса. Это важный этап профессиональной жизни, который обеспечивает повышение качества деятельности за счет получения внешней оценки и самооценки деятельности, осмысления достигнутого. Предлагаемая методика построена на практическом подходе, она вносит прозрачность в критерии и методы оценивания профессиональной квалификации водителя.

Методика разработана на основе исследований интернет-сайтов ГАИ и опросов, проведенных в целях осуществления новой темы: «Апробация и внедрение разработанных подходов к проведению аттестации водителей маршрутных автобусов на региональном уровне (г. Красноярск)».

Основными задачами аттестации являются:

- стимулирование целенаправленного, непрерывного повышения уровня квалификации водителей, личностного профессионального роста, использования ими современных технологий;
- повышение эффективности и качества водительского труда;
- выявление перспектив использования потенциальных возможностей водителей;
- определение необходимости повышения квалификации водителя.

Известны основные критерии оценки квалификации водителей.

1. Надежность.
2. Целеустремленность.
3. Знание правил дорожного движения.
4. Умышленное нарушение правил дорожного движения
5. Возраст водителя.
6. Желание.
7. Стаж.
8. Реакция на окружающую ситуацию.
9. Знание основных частей в устройстве автомобиля.
10. Вождение автомобиля.
11. Отношение к пассажирам.
12. Повышение квалификации водителей.
13. Реакция на специфику дорог Красноярска.

На рис. 1 показана общая схема методики оценки водителей.

Спецификой методики является объединение критериев по объектам, которые были описаны.

1. Объект: отношение к пассажирам, умышленное нарушение правил дорожного движения;

2. Объект: вождение автомобиля, знание основных частей в устройстве автомобиля, знание правил дорожного движения;

3. Объект: реакция на специфику дорог Красноярска, реакция на окружающую ситуацию;

4. Объект: здесь подразумевается деление на 2 группы критериев: внешние и внутренние. К внешним критериям можно отнести стаж и возраст водителя, а к внутренним – желание, целеустремленность, надежность, реакция на окружающую ситуацию.

В табл. 1 показаны возможные варианты квалификационного уровня водителя.



Рис. 1. Схема методики оценки водителей

Таблица 1. Оценка квалификационного уровня водителя

Квалификационный уровень	Методическая оценка МОц, %	Результат
I	0-20	Данного водителя не рекомендуется брать на работу
II	20-40	Данному водителю стоит дать испытательный срок 1 неделю
III	40-60	Данного водителя рекомендуется принять на работу, но только, как правило, на короткие маршруты
IV	60-80	Данный водитель отлично подойдет для городского пассажирского транспорта, но он может работать не более 8 часов
V	80-100	Данный водитель отлично подойдет для междугородних перевозок, отличается от остальных выносливостью и отличной реакцией

По формуле (1) найдем методическую оценку, определяющую пригодность водителя к работе.

$$МОц = КМН + КПО + КО + ООц / 4, \quad (1)$$

где КМН – количество моральных нарушений, %; КПО – количество правильных ответов, %; КО – количество объездов, %; Ооц – общая оценка, %.

По формуле (2) мы найдем общую оценку внешних и внутренних характеристик водителя.

$$ООц = C \cdot V \cdot T_H \cdot T \cdot 100, \quad (2)$$

где ООц – Общая оценка; С – коэффициент стажировки; V – возрастной коэффициент; T_H – оценка времени нажатия на кнопку, сек.; T – оценка типа темперамента.

Вся методика построена на испытательном периоде водителя (1 неделя), исходя из которого можно подвести некоторые результаты. Суть состоит в следующем: напротив дверей автобуса зафиксируем камеру на боковой стенке, над стеклом и в течении рабочего дня диспетчерская служба в специальном порядке наблюдает за испытуемым. Данный способ проверки и оценки квалификации водителя сводится к видеонаблюдению из за невозможности оценить объективно некоторые критерии, перечисленные в работе.

Дальнейшее описание и выборка измерений следует исходя из интернет-сайтов ГИБДД городов по всей России.

1. Объект – «Пассажир»

Отношение к пассажирам и умышленное нарушение правил дорожного движения. В среднем по стране неуважительные действия к пассажирам встречаются довольно часто. В таблице 2 приведем шкалу уважения к пассажирам. Данные взяты с сайта <http://gai24.ru/sovrayon>.

Таблица 2. Шкала уважения к пассажирам

Количество моральных нарушений, ед/день	Оценка, балл
0	100
5	70
10	40
15	10
>15	0

*Невнимательность водителя в расчеты не берется.

2. Объект. «Транспортное средство»

Возникает потребность проверки знания правил дорожного движения, которые являются основой на дорогах. Другой не мало важной характеристикой водителя является знание основных частей автомобиля. Измерение знания ПДД и частей автомобиля (всего в тесте 20 вопросов) опишем в табл. 3.

Таблица 3. Шкала знаний ПДД и частей автобуса

Количество правильных ответов в тесте по ПДД и в тесте по частям авто, ед.	Баллы
0-4	20
5-8	40
9-12	60
13-16	80
17-20	100

3. Объект – «Дорожное покрытие»

Как было сказано ранее в нашем городе состояние дорог удовлетворительное, очень часто попадаются неровности, ямы. Измерить данную специфику можно специальным тренажером, который был разработан ученым в калифорнийском университете. Суть сводится к тому, чтобы испытуемый за определенный промежуток времени на определенной карте, заданной на тренажере, повернул требуемое количество раз, которое задано тем же самым прибором. Другой функцией тренажера является как раз таки объезд определенного количества ям (30 ям). Оценим количество объездов ям в табл. 4.

Таблица 4. Измерительная шкала количества объездов

Количество объездов	Оценка
0-5	20
6-11	40
12-17	60
18-23	80
24-30	100

4 Объект. «Водитель»

Как было упомянуто в анализе критериев, водитель играет практически решающую роль в транспортной системе, поэтому главной характеристикой в нашем городе и не только является стаж и возраст водителя (табл. 5 и 6).

Таблица 5. Коэффициент стажировки

Стаж	Коэффициент С
0-2	0,4
3-5	0,8
6-10	1,2
11-15	1,6
>16	2,0

На дорогах несомненно главным качеством водителя является реакция на окружающие события. Проверить реакцию можно так же специаль-

ным прибором, состоящим из механизма нажатия (кнопка) и измерительных приборов. Суть: как только испытуемый увидит красный свет над кнопкой он должен незамедлительно нажать ее. Оценка ведется по табл. 7.

Таблица 6. Возрастной коэффициент

Возраст	Коэффициент V
18-25	1
26-35	0,8
36-50	0,6
51-70	0,4
>70	0,2

Таблица 7. Оценка времени реакции

Время нажатия на кнопку T_n , сек.	Оценка
0,3-0,5	5
0,6-0,8	4
0,9-1,1	3
1,2-1,5	2
>1,6	1

Надежность мы оцениваем тестом «Круг Айзенка», он описан в анализе критериев. В табл. 8 мы оценим типы темперамента человека, т.е. выявим наиболее оптимального для вождения в городских условиях.

После расчета предлагаемых формул строится график оценки квалификационного уровня. Пример показан на рис. 3.

Таблица 8. Оценка типов темперамента

Темперамент, Т	Оценка
Сангвиник	1
Флегматик	0,75
Холерик	0,50
Меланхолик	0,30

По графику стандартной величиной для водителя является граница 50 % для всех показателей, в табл. 1 показаны возможные варианты оценки уровня квалификации водителя.

Для апробации предлагаемой методики был смоделирован и обчислен водитель маршрутного такси г. Красноярск. Анкетные данные водителя показаны в таблице 9.

Остальные данные, полученные в ходе апробации показаны в табл. 10.

На основании полученных данных построим лепестковую диаграмму. Для этого используем следующие номера параметров в табл. 9: 1, 2, 3, 8.

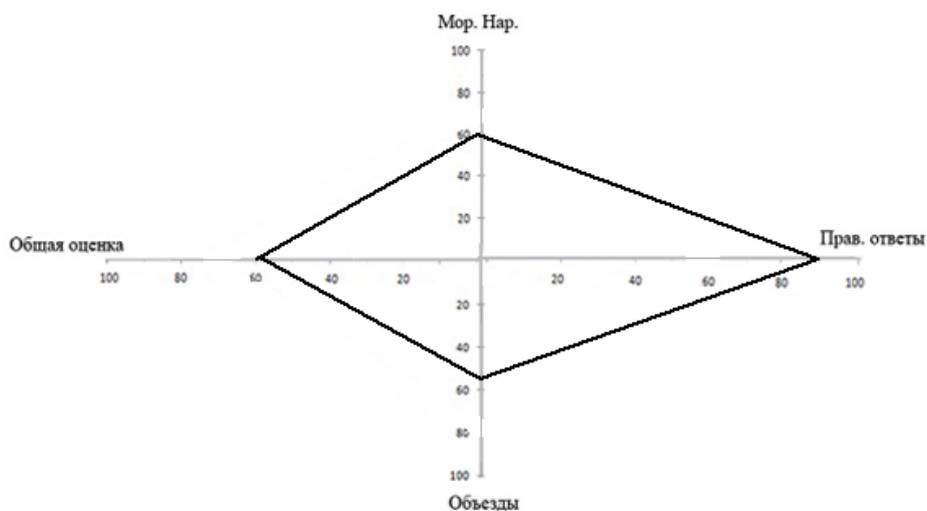
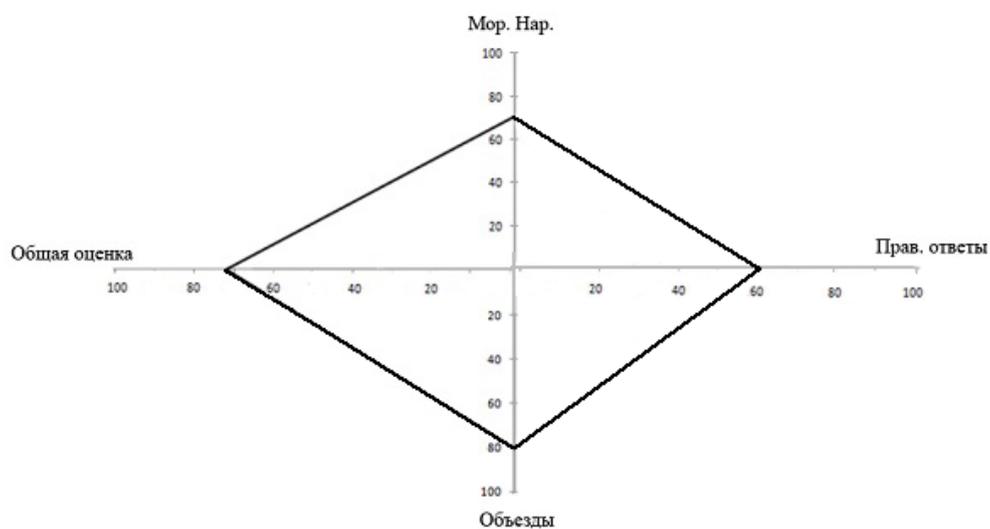


Таблица 9. Анкетные данные водителя

Национальность	Таджик
Пол	Мужской
Возраст	41 год
Стаж работы	4 года

Таблица 10. Результаты испытаний

№	Параметр	Оценка
1	Количество моральных нарушений, ед/день	70
2	Количество правильных ответов в тесте по ПДД и в тесте по частям авто	60
3	Количество объездов	80
4	Коэффициент стажировки	0,8
5	Возрастной коэффициент	0,6
6	Оценка времени реакции	3
7	Оценка типов темперамента	0,5
8	Общая оценка внешних и внутренних характеристик водителя	72



Исходя из графика делаем вывод: в случае симметрии фигуры выше оси Y с фигурой ниже оси Y данного водителя нужно брать на работу и он подходит по всем требованиям. Симметрия в данном случае показывает стабильность не только на дороге, но и «порядок в голове у водителя». Но если по данной диаграмме будет видно, что хотя бы один из параметров ниже 50 % от своих значений, то вряд ли такой работник будет нужен.

ХИМИЯ В МЕТАЛЛУРГИИ, ГОРНОМ ДЕЛЕ И ГЕОЛОГИИ

УДК 669.2

СТАБИЛИЗАЦИЯ ВЯЗКОСТИ АНОДНОЙ МАССЫ ЗА СЧЕТ УПРАВЛЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ И СОДЕРЖАНИЕМ ПЫЛИ СО СВЯЗУЮЩИМ (СОСТАВ СВЯЗУЮЩЕЙ МАТРИЦЫ)

Е.А. Козлова

Научный руководитель В.П. Твердохлебов
Сибирский федеральный университет

Требования к анодам содерсберга

Самообжигающиеся аноды алюминиевых электролизеров играют важнейшую роль в технологии электролитического производства алюминия. Качество анодов зависит от свойств исходного электродного сырья, технологии производства и состояния технологии на электролизерах.

Требования к свойствам анодов:

- высокая химическая чистота;
- высокая электропроводность;
- высокая механическая прочность и однородность;
- малая реакционная способность по отношению к углекислому газу и воздуху.

Дополнительным критерием качества формирования анодного массива Содерсберга является пластичность поверхности анодов, которая зависит от вязкости анодной массы.

Удельная поверхность пыли может варьироваться от 2000 до 5000 Блэйн и иметь отклонения от целевого значения на 500-1000 Блэйн из-за ряда факторов:

- исходные свойства сырья коксования;
- параметры коксования;
- свойства сырого кокса;
- степень прокалки;
- режим работы мельницы.

Дисперсность пыли определяется на заводе ситовым анализом и индексом Блэйна.

Ситовой анализ показывает распределение частиц пыли по размеру, периодичность его проведения составляет 1 раз в четыре часа.

Индекс Блэйна оценивает удельную поверхность пыли, которая зависит от размера частиц пыли. Периодичность оценки индекса Блэйна составляет 1 раз в сутки.

Для корректировки содержания пыли оценка ее дисперсности проводится ситовым анализом, что связано с простотой этого анализа и многолетней практикой использования.

По практическим данным рассев частиц размером менее 50 мкм выделить ситового анализа невозможно. По этой причине ситовой анализ не может быть точным инструментом определения тонины пыли, поскольку в пыли из разных коксов при одинаковом содержании фракции – 75 мкм может быть разное распределение частиц менее 50 мкм.

Результаты ситового анализа не совпадают с индексом Блэйна.

При содержании в пыли ППД 59 % фракции – 0,075 мм индекс Блэйна варьируется от 2200 до 2900 ед.

При содержании в пыли ППД 71 % фракции 0,075 мм индекс Блэйна составляет 3650 ед., у мельничной сортовой пыли с содержанием 67 % фракции – 0,075 мм индекс Блэйна варьируется от 4200 до 4800 ед.

Невозможно выявить ситовым анализом в пыли распределение частиц менее 0,05 мм при равном или близком содержании частиц менее 0,075 мм.

Невозможность оценки распределения частиц менее 0,05 мм не позволяет определить реальную дисперсность пыли с помощью ситового анализа. По этой причине методика Блэйна обеспечивает более точное определение дисперсности пыли.

Для обоих типов масс дозировка пыли практически одинакова.

Вязкость пека для всех проб массы находится в узких пределах 320-420 сПз, оказывая минимальное влияние на вязкость массы.

Для корректировочной массы дозировка пека увеличена на 0,8.

При сравнении вязкости рядовой и корректировочной КАМ с одинаковой удельной поверхностью пыли на уровне 4100 Блэйн, у корректировочной массы ожидаемо меньшая вязкость за счет увеличенной дозировки пека.

На примере корректировочной массы более низкий коэффициент расхода пека K обеспечивает снижение вязкости массы за счет пыли с увеличенной дисперсностью.

Снижение вязкости и повышение пластичности анодной массы при более низком коэффициенте расхода пека K объясняется влиянием более тонкой пыли.

Вязкость анодной массы зависит от дозировки пека и пыли, индекса Блэйна и содержания фракции – 0,075 мм.

Вязкость анодной массы растет с увеличением К коэффициента расхода пека на единицу поверхности пыли, т. е. увеличение дисперсности пыли при ее стабильной дозировке обеспечивает снижение вязкости массы

Исследования позволяют заключить о целесообразности стабилизации вязкости анодной массы путем управления составом связующей матрицы при оценке дисперсности пыли по Блэйну по следующему алгоритму:

- оценка удельной поверхности пыли из разных сортовых бункеров (мельничный, фильтровый, ППД) и расчет поверхности суммарной пыли;
- оценка К расхода пека на единицу поверхности суммарной пыли и сопоставление с вязкостью анодной массы;
- корректировка К расхода пека на единицу поверхности пыли при отклонении вязкости анодной массы путем первоначального регулирования содержания мельничной пыли и последующего регулирования содержания связующего;
- при корректировке содержания пыли баланс компонентов суммарной коксовой шихты регулируется содержанием отсева. Баланс остальных компонентов коксовой шихты с помощью ситового анализа по действующей методике.

Основной проблемой обеспечения заданной вязкости анодной массы может быть редкая частота определения дисперсности пыли.

В условиях нестабильности дисперсности пыли постоянные дозировки пыли и пека не обеспечат точность состава связующей матрицы, поэтому решение задачи о высокой частоте определения дисперсности пыли с дискретностью от 1 до 60 сек (он-лайн режим) является актуальной.

Основным техническим решением по возможности обеспечения высокой частоты оценки дисперсности пыли является установка поточного гранулометра.

В промышленности используются два типа гранулометров:

лазерные гранулометры, использующие эффект дифракции лазерного луча, рассеиваемого твердыми частицами в потоке анализируемого материала;

оптические гранулометры, использующие принцип оптоволоконной пространственной фильтрации, измеряя размер и скорость прохождения частиц мимо детекторов.

Выводы:

1. В условиях нестабильности дисперсности пыли колебания вязкости анодной массы могут быть существенными и приводить к ухудшению свойств анодов Содерберга.

2. Невозможно выявить ситовым анализом в пыли распределение частиц менее 0,05 мм при равном или близком содержании частиц менее 0,075 мм.
3. Результаты ситового анализа пыли не совпадают с индексом Блэйна. Более точное определение дисперсности пыли производится по методике Блэйна.
4. В условиях колебаний дисперсности пыли предпочтительным способом стабилизации вязкости анодной массы является определение удельной поверхности пыли, корректировка содержания пыли и заключительная корректировка содержания связующего.
5. Снижение вязкости и повышение пластичности анодной массы происходит при более низком коэффициенте расхода пека К на единицу поверхности пыли, что объясняется влиянием более тонкой пыли.
6. Основываясь на прямом влиянии вязкости анодной массы на состояние поверхности анодов целесообразно производить анодную массу одного типа, поддерживая требуемую пластичность поверхности анодов путем корректировки вязкости анодной массы при изготовлении.
7. Основным техническим решением по обеспечению высокой частоты оценки дисперсности пыли является установка гранулометра. Применение гранулометра позволит в онлайн-режиме определять дисперсность пыли, регулировать режим работы мельницы и управлять составом связующей матрицы.

УДК 669.162.6

ВЛИЯНИЯ СОДЕРЖАНИЯ СЕРЫ НА СВОЙСТВА СИНТЕТИЧЕСКОГО ЧУГУНА

Н.М. Манасбеков

Научные руководители Г.С. Саначева, И.В. Дубова
Сибирский федеральный университет

Требования к литым заготовкам постоянно растут. Эксплуатационные свойства и их надежность должны повышаться, толщина стенок отливок уменьшаться, но при этом обрабатываемость и технологичность заготовок должны быть сохранены. Самым распространенным литейным сплавом в настоящее время является чугун. Общая масса отливок из чугуна в общем выпуске составляет около 5,28 млн. тонн, в том числе из высоко-

прочного чугуна с шаровидной формой графита – около 17 % и из легированных чугунов – 15 %. Механические свойства чугуна обеспечиваются химическим составом, который не является браковочным признаком, а служит для обеспечения благоприятной микроструктуры металла и, соответственно, требуемых механических свойств материала.

Получение качественного чугуна зависит от многих факторов, основными из которых являются шихтовые материалы и ферросплавы, тип плавильного оборудования, технология плавки и выпечной обработки. В настоящее время в производстве чугунов наметилась тенденция к увеличению доли стального лома с дальнейшим науглероживанием, с целью замены дорогостоящих литейных и передельных чугунов. При использовании некачественного лома в шихте обеспечение требуемого качества отливок по заданной микроструктуре, механическим свойствам, химическому составу вызывает трудности, так, к примеру, с шихтой, в ванну плавильной печи попадает сера.

Таблица 1. Влияние серы на качество чугуна

Содержание серы, (масс. %)	Влияние серы	Причина влияния
более 0,15	изменяет форму и характер образующегося в чугуне графита (вызывает удлинение и утолщение графитовых пластин)	большое количество включений и фазы типа MnS
	повышает поверхностное натяжение чугуна (препятствует образованию шаровидного графита)	повышение поверхностного натяжения чугуна
	ухудшает жидкотекучесть	образование хрупкой эвтектики
	изменяет склонность к отбелу	
более 0,012	влияет на образование усадки и горячих трещин	ослабление пограничных связей зерен облегчает образования горячих трещин в местах концентрации напряжений и высокой температуры металла
	образует дендритную и зональную ликвации	увеличение ширины температурного интервала кристаллизации
более 0,12	вызывает явление краснеломкости (охрупчивание)	оплавление примесей ($Fe_3C + FeS$) ($T_{пл.} = 985^{\circ}C$) по границам кристаллов при высоких температурах
Более 0,12	резко снижает механические свойства	ослабление связи между зернами из-за наличия на их границе хрупкой эвтектики
Более 0,2	снижает коррозионную стойкость	наличие в чугуне сульфидов способствует образованию микропор

Сера в чугуна, так же как и в стали, является нежелательной примесью. Снижение концентрации серы в нем является постоянной заботой технического персонала литейного производства. Сродство серы к кислороду меньше, чем железа, и ее нельзя удалить из ванны окислением. Поэтому для удаления серы из ванны нужно, чтобы в ней присутствовало вещество, способное образовывать с серой труднорастворимое соединение, которое может перейти в шлак.

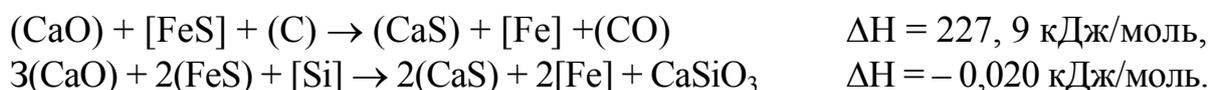
В этом смысле заслуживают внимания металлы, растворимые в железе и образующие в расплаве нерастворимые сульфиды. Чем больше отрицательное значение свободной энтальпии, при образовании сульфида, тем лучше соответствующий металл может удалять серу. С этой точки зрения пригодны Ca, Mg, Na, Mn. Однако Na, Mg, Ca имеют также большое сродство к кислороду и, кроме того, в жидком железе практически нерастворимы. Поэтому остается один марганец.

С физико-химической точки зрения Mn при обычных концентрациях в расплаве не может иметь эффективного десульфурующего действия:



Реакция является сильно экзотермической, и поэтому при повышенной температуре вероятность ее протекания уменьшается. Марганец снижает активность серы, поэтому для протекания реакции его содержание должно быть во много раз больше, чем имеется в металле. При достаточном количестве марганца большая часть серы связывается в сульфид марганца и выводится в шлак. Основную роль в процессе десульфурации играет шлак. Десульфурующая способность шлака зависит от его основности, окислительной способности и вязкости, причем содержащийся в шлаке SiO_2 оказывает неблагоприятное влияние на процесс удаления серы. Решающим фактором при десульфурации является наличие в шлаке извести.

При десульфурации известью протекают следующие реакции:



Эти реакции являются эндотермическими и также приводят к снижению температуры чугуна. Для десульфурации необходимо обеспечить достаточный контакт между известью и чугуном.

Условиями качественной десульфурации являются

а) высокое значение активности (концентрации) CaO в шлаке (необходимо, естественно, учитывать свободный CaO, то есть не связанный с SiO_2 и P_2O_5);

б) низкое значение активности (концентрации) FeO и CaS в шлаке.

Критерием для оценки степени десульфурации является значение коэффициента распределения серы, который представляет собой отношение концентрации серы в шлаке (S) к концентрации серы в металлической ванне [S], выраженных в массовых процентах:

$$L_s = \frac{(\%S)}{[\%S]}$$

Чем больше значение L_s , тем более качественно проходит десульфурация. Значение L_s возрастает при повышении содержания CaO в шлаке и при понижении содержания FeO, SiO₂ и других кислых оксидов.

Влияние содержания FeO на коэффициент распределения серы, а значит, и на степень десульфурации проявляется при его низком содержании в шлаке. Это подтверждается большими значениями отношений $\frac{(S)}{[S]}$ в доменных шлаках и электрошлаках, которые отличаются и низким содержанием FeO. Влияние содержания FeO в шлаке на значение коэффициента распределения серы L_s показано на рис. 1, из которого видно, что при низком содержании FeO в расплавленном шлаке значение коэффициента распределения серы L_s при уменьшении содержания FeO быстро возрастает, в то время как при высоком содержании FeO в шлаке величина коэффициента распределения при изменении содержания FeO изменяется незначительно.

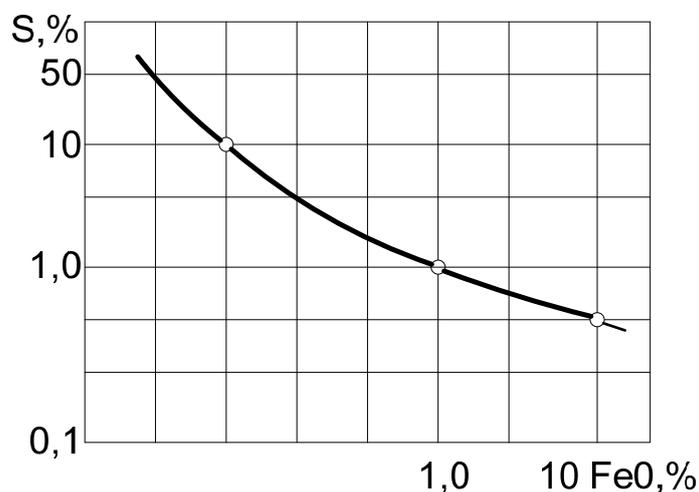


Рис.1. Зависимость коэффициента распределения серы от концентрации FeO в шлаке

На скорость десульфурации оказывает также влияние интенсивность кипения ванны, положительное влияние которого состоит в том, что при кипении увеличивается реакционная поверхность и соответственно скорость реакции реагирующих компонентов.

Устранение серы из металла в ходе правильного процесса требует значительного времени, и при повышенном содержании серы в шихте производительность плавильного агрегата ощутимо снижается. Поэтому во многих случаях при проведении плавки удовлетворяются такой степенью десульфурации, которая обеспечивается в результате нормального хода плавки, а затем чугун десульфурится в ковше до необходимого содержания серы с помощью синтетических шлаков или десульфураторов солей. Для ковшовой обработки чугуна эффективными десульфураторами являются оксид кальция, карбид кальция, сода.

При соприкосновении с жидким чугуном сода плавится, образуя на поверхности металла слой активно по отношению к сере шлака. При плавлении соды часть ее разлагается по реакции:



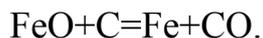
Таблица 2. Примеры различных процессов десульфурации чугуна

Процесс	Десульфуратор	Десульфурация
Бите-процесс (Япония)	CaC_2 (1 % CaC_2 снижает содержание S с 0,09 до 0,012 %)	погружение в чугун с помощью вертикальных штанг
Валь-процесс (Франция)	порошкообразный CaO (2 % CaO за 3 мин. содержание S снижается до 0,006 %)	вдувание в чугун азотом через днище конвертора
Волианик-процесс (США)	CaC_2 (1 % CaC_2 за 3-4 мин. снижает содержание S до 0,01 %)	перемешивание за счет продуванием азотом через специальную трубку
Каллинг-домнарвэт-процесс (Швеция)	CaO (2 % CaO за 15-30 мин. снижает содержание S от 0,1 до 0,005 %)	во вращающемся ковше барабанного типа
Райншталь-стире-процесс (США)	CaO_2 (0,65 % CaO_2 за 4 мин. снижает содержание S с 0,08 до 0,009 %)	замешивание десульфуратора в чугун мешалкой, вращающейся с частотой 78 мин^{-1}
Рижкшн-экселерейте-процесс (Швеция)	CaC_2 (0,6 % за 4 мин. содержание S снижается с 0,07 до 0,005 %)	перемешивание с десульфуратором фигурной пустотелой мешалкой
Порэс-плаг-процесс (США)	CaF_2 (0,75 % CaF_2 за 3-4 мин. содержание S снижается с 0,1 до 0,01 %)	перемешивание с десульфуратором азотом, подаваемым через пористую вставку
Шэйкин-лэдл-процесс (Швеция)	CaC_2 (0,5 % CaC_2 за 10 мин. содержание S снижается с 0,075 до 0,012 %)	на зеркало металла засыпают карбид кальция и приведение ковша во вращение

Количество разложившейся соды зависит от ее температуры и условий перемешивания соды с металлом. Оксид натрия взаимодействует с сульфидом железа по реакции:

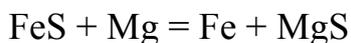


Железо из образовавшегося оксида железа (II) восстанавливается растворенным в чугуне углеродом:



Недопустимо попадание печного шлака в ковш, где идет обессеривание чугуна содой ввиду возможности образования силиката натрия, снижающего обессеривающую способность соды.

Магний является сильным десульфуратором. Реакция обессеривания:



Сульфид магния MgS в чугуне нерастворим и всплывает на поверхность в виде шлака.

Из проведенного обзора существующих процессов десульфурации чугуна (известь, сода, шлаки, карбид кальция) можно сделать вывод, что ни один из процессов не совершенен, и решение проблемы десульфурации остается актуальным. Разработкой комплексной ресурсосберегающей и максимально экологически чистой технологии десульфурации занимаются многие научные коллективы.

УДК 669.243.43

ПРОБЛЕМА УТИЛИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА "ТУВАКОБАЛЬТ"

А.К. Молдурушку
Научный руководитель Н.М. Вострикова
Сибирский федеральный университет

В России, где вследствие богатой минеральной сырьевой базы практически каждый регион добывает и перерабатывает полезные ископаемые, вопрос утилизации промышленных отходов стоит весьма остро.

Кобальт-пиритные руды, обнаруженные во второй половине XX в. в районах Сибири и Дальнего Востока, станут со временем основным источником получения кобальта. Промышленная переработка Хову-Аксынского месторождения была начата в 70-е г. прошлого века. Из-за несовершенства

технологии, сложности минерального состава руды к настоящему времени накопилось большое количество богатых по кобальту и опасных для человека и окружающей среды отходов.

Одним из экологически опасных объектов на территории Республики Тыва являются мышьяксодержащие отходы от гидрометаллургического передела арсенидно-арсенатных никель-кобальтовых руд Хову-Аксынского месторождения, расположенные в 3 км от села Сайлыг, в 4 км от пос. Хову-Аксы на левом берегу р. Элегест.

Целью данной работы является изучение проблемы переработки промышленных отходов горно-обогажительного комбината «Тувакобальт». На первом этапе поставлены и решены следующие задачи:

- 1) Проведен анализ рудного состава минерального сырья.
- 2) Проанализирована технология переработки сложного сырья и утилизации отходов производства.
- 3) Рассмотрены существующие методы переработки отходов.

Основные рудные минералы месторождения Хову-Аксы – арсениды: шмальтин-хлоантин $(\text{Co}, \text{Ni})\text{As}_{2-3}$, скутерудит CoAs_3 , никелин NiAs , сафлорит $(\text{CoFe})\text{As}_2$; окисленные минералы представлены эритрином $\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, анабергитом $\text{Ni}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ и др. Вмещающая порода состоит из кальцита (36 %), кварца (15 %), доломита (6 %), что и определило выбор среды для выщелачивания. Кислотные методы были неприемлемы из-за высокого содержания в руде простых карбонатов кальция и магния (более 50 %), а флотационное обогащение не обеспечивало количественного извлечения кобальта.

С 1971-1991 г. на Хову-Аксынском месторождении никель-кобальтовых рудежегодно добывалось и перерабатывалось на комбинате «Тувакобальт» до 83 тыс. т товарной руды. Конечной продукцией комбината являлся медно-никель-кобальтовый концентрат. По технологической схеме (рис. 1) после сброса давления в автоклаве и охлаждения образующаяся в процессе автоклавной обработки пульпу подвергали разделению на хвосты и раствор аммиачных солей цветных металлов и мышьяка. Мышьяк из раствора осаждали магниезиальным молоком в виде малорастворимых соединений арсенатов магния $\text{Mg}(\text{NH}_4)\text{AsO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, $\text{Mg}(\text{AsO}_4)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$.

Хвосты от сгущения и мышьяк в виде арсенатно-магниезиального осадка направлялись в хвостохранилище.

В первые два года работы комбината отходы складировались на специальном участке в вырытых в земле и забетонированных траншеях размерами 6x80 м и глубиной около 0,5 м. По мере заполнения траншеи закатывались грунтом. В дальнейшем применялась схема хранения отходов в отвальных прудах-картах. Размеры карт-хранилищ представлены в таблице 1. Отходы поступали по трубопроводам в виде пульпы в пруды-отстойники

и накоплены в 5 картах-хранилищах, расположенных в 0,8 км от комбината, рядом с автодорогой Кызыл-Хову-Аксы. Общий объем складированных отходов составляет более 1,5 млн. т. Запасы мышьяка в них составляют не менее 75 тыс. т при концентрации (1,7–6,4) %.

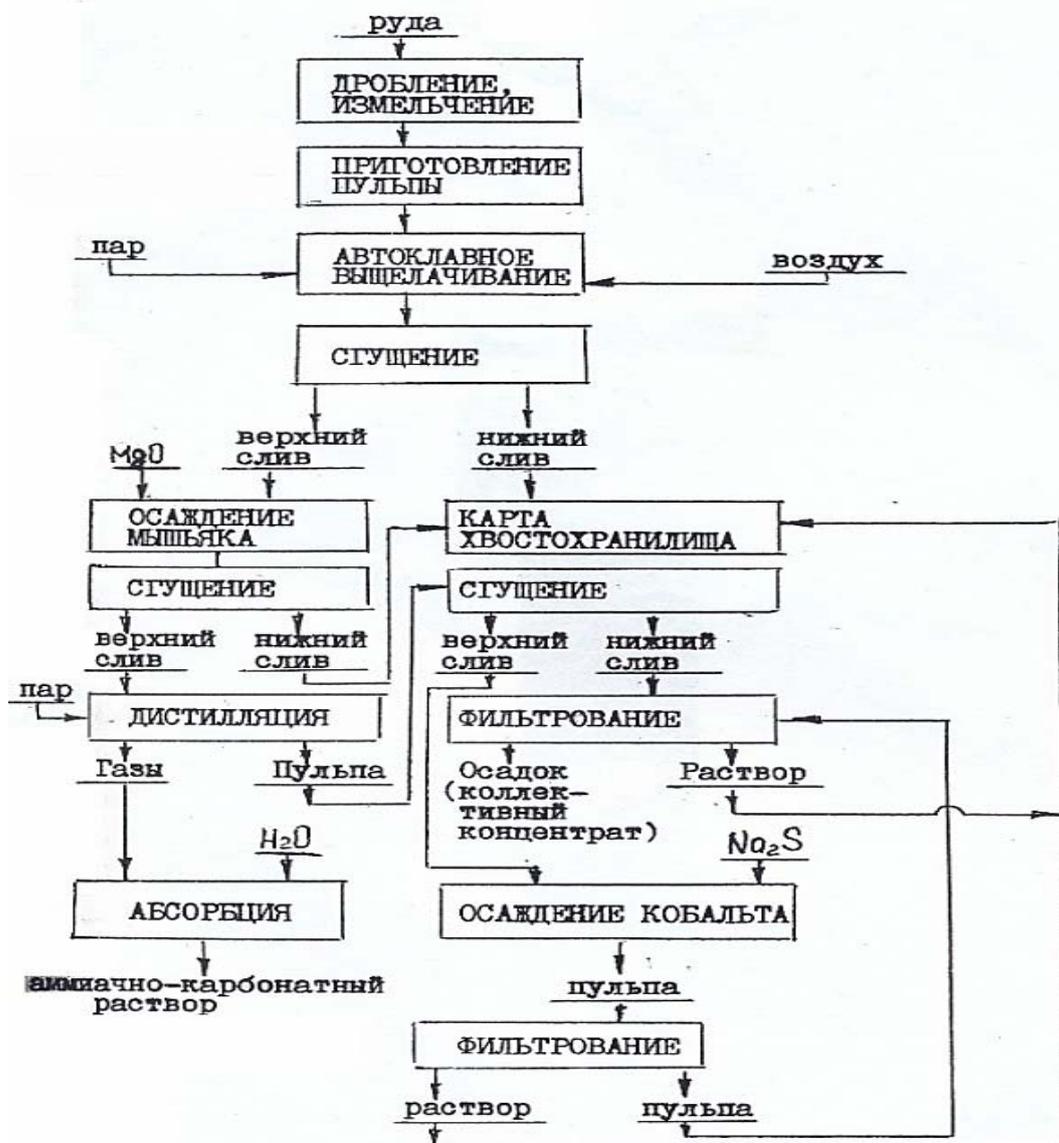


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема переработки никель-кобальтовых руд Хову-Аксынского месторождения

Отходы гидрометаллургического передела первичных руд Хову-Аксынского месторождения являются ценным техногенным сырьем, содержащим такие ценные компоненты, как кобальт, никель, медь, серебро, золото, висмут и др. Распределение ценных компонентов по картам и по площади карт неравномерно. Наиболее высокое содержание цветных металлов наблюдается в карте № 1 (кобальт (0,14–0,2) %, никель (0,15–0,19) %, медь (0,12–0,16) %), что связано с несовершенством первичной

технологии переработки руд. В карте № 2 наблюдается повышенное содержание серебра (среднее содержание 104 г/т) и золота (среднее содержание 0,158 г/т) (из отчета о НИР Тувинского комплексного отдела СО РАН). Это связано с тем, что в период ее заполнения (1975–1979 гг.) обрабатывались верхние части жил северного участка, обогащенные благородными металлами. По результатам опробования трех карт, выполненных сотрудниками ТИКОПР СО РАН, ресурсы ценных компонентов в них составили: кобальт – 1708 т (при среднем содержании 0,122 %), никель – 1712 т (при среднем содержании 0,125 %), меди – 1746 т (0,166 %), висмута – 231 т (160 г/т), серебра 101,9 т (65,1 г/т), золота – 107,7 кг (0,069 г/т), мышьяка – 43,8 тыс. т (2,973 %).

Таблица 1. Размеры карт-хранилищ отходов производства

Размеры Хову-Аксынских шламовых карт			
№ карты	Длина, м	Ширина, м	Глубина, м
1	260,0	110,0	11,0
2	275,0	125,0	11,0
3	350,0	135,0	13,5
4	285,0	155,0	15,5
5	250,0	165,0	16,5

В связи с тем, что отходы представляют опасность для окружающей среды и человека, актуальным являются вопросы обезвреживания мышьяксодержащих отходов.

Исходя из анализа литературных данных, можно выделить два основных способа удаления вредного компонента отходов – мышьяка:

I способ – сульфидирование с предварительной прокалкой при 900–950 °С.

II способ – комбинированный, при котором для перевода мышьяка из отходов в товарный продукт разработана технологическая схема, включающая 3 стадии:

- 1) твердофазный обжиг отходов при 800–850 °С в смеси с содой;
- 2) последующее водное выщелачивание обожженных отходов;
- 3) осаждение мышьяка из раствора в виде сульфида мышьяка.

В начале 90-х годов сотрудниками комбината совместно с сотрудниками института цветных металлов проверена возможность предварительного окисления материала в присутствии водяного пара. При этом мышьяк на 95–99 % удалось перевести в нетоксичную сульфидную форму.

Более глубокий вывод мышьяка из отходов возможен при сульфидирующем обжиге, это обеспечивается достаточно высокими температурами прокалики и обжига 900–950 °С. Обжиг необходимо вести в печи шахтного типа, оснащенной системой улавливания сульфидов и газоочистки.

По комбинированной схеме вывод мышьяка меньше, чем при сульфидизирующем обжиге, однако в этом способе не требуется специальное оборудование, нет необходимости в прокатке исходного отхода, а также имеется возможность снижения температуры обжига до 800 °С.

Проведенный анализ показал актуальность переработки отходов кобальтового производства с переводом мышьяка в нетоксичную форму и доизвлечением в готовую продукцию кобальта, никеля, золота и серебра.

УДК 665.6(075.8)

ХИМИЗМ ПРОИСХОЖДЕНИЯ НЕФТИ

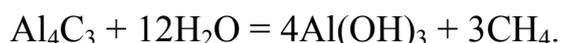
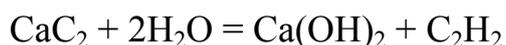
Д.С. Параскун

Научный руководитель Е.А. Салькова

Сибирский федеральный университет

Основным источником углеводородного сырья и энергоносителем в России является нефть. Вопрос о химизме происхождения нефти и газа имеет большое теоретическое и практическое значение. Решение этого вопроса позволяет облегчить поиск и разведку нефтяных и газовых месторождений, оценить их запасы, правильно организовать добычу и переработку. В настоящее время достаточно хорошо известно, как и в каких геологических условиях скапливаются нефти и природный газ. Вопрос же о происхождении до сих пор окончательно не решён. Многочисленные теории о происхождении нефти и газа делятся на две основные категории – органического (биогенного) и неорганического (абиогенного) происхождения.

Одна из неорганических теорий происхождения нефти была предложена в 1877 г. Д.И. Менделеевым, который выдвинул так называемую карбидную гипотезу. По его мнению, вода проникала вглубь земли по трещинам в осадочных и кристаллических породах до магмы, где реагировала с карбидами тяжёлых металлов, образуя углеводороды:



Под действием высоких температур на больших глубинах углеводороды и вода испарялись, поднимались к наружным частям земли и конденсировались в хорошо проницаемых осадочных породах. Эксперименты, проведённые химиками, подтвердили такую возможность образования углеводородов.

В 1982 г. учёный В.Д. Соколов предложил так называемую «космическую» гипотезу, согласно которой углеводороды нефти образованы из углерода и водорода в эпоху формирования Земли и других планет:

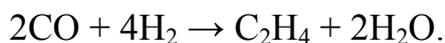


По мере охлаждения Земли углеводороды поглощались ею и конденсировались в земной коре. Одним из доводов этой гипотезы является обнаружение значительных количеств метана в атмосфере планет.

Глубинные массивные кристаллические периодитовые породы, как и метеориты, содержат элементарный углерод и карбиды тяжёлых металлов. Эти же породы содержат воду, водород, окись углерода и углекислоту. В этой связи в наше время выдвинут целый ряд других гипотез о неорганическом происхождении нефти и газа в недрах Земли в результате химических реакций непосредственно из углерода и водорода в условиях высоких температур, давления и каталитического действия оксидов металлов (Fe, Ni и др.) (Н.А. Кудрявцев, В.Б. Порфирьев и др.).

Химизм получения углеводородов из окиси углерода и водорода известен благодаря исследованиям учёных: Е.И. Орлова, Н.Д. Зелинского и др.

Процесс первого синтеза углеводородов из СО и Н₂ был осуществлён русским химиком Е.И. Орловым в г. Харькове (1908 г.), получившим из смеси СО и Н₂ простейший олефиновый углеводород-этилен, очевидно по схеме:



Эта реакция была проведена при температуре 100 °С и при контакте с катализатором, состоящим из Ni и Pd, осаждённых на коксе.

Позднее было установлено, что в результате получается не только этилен, но и ряд других, более сложных алкенов.

Металлы подгруппы железа, особенно в присутствии окиси алюминия и магния, как под давлением, так и без давления способствуют образованию углеводородов сложного состава и разных рядов: в зависимости от условий реакции в качестве конечных продуктов могут быть не только жидкие углеводороды и вода, но также и твёрдые парафины и церезины, газы – метан и его ближайшие гомологи и углекислота.

Однако следует отметить, что неорганические гипотезы происхождения нефти находятся в противоречии и с геологическими данными и современными знаниями о составе нефтей.

Значительное большинство геологов и химиков являются сторонниками органического происхождения нефти и газа. Сторонники органической гипотезы (М.В. Ломоносов, В.И. Вернадский, И.М. Губкин, А.Ф. Добрянский и др.) считают, что источниками происхождения неф-

ти были остатки растений и животных, скопившихся в течение многих миллионов лет на дне водоемов в прошлые геологические эпохи в виде ила. Отмершие организмы перекрывались в дальнейшем слоями осадочных пород и под влиянием анаэробных бактерий подвергались биохимическим превращениям. При этом, в основном, происходили сложные процессы гидролиза и восстановления липидов (жироподобные вещества), углеводов, белков и лигнина, содержащихся в организмах. Часть органического вещества в верхних слоях осадочных отложений превращалась бактериями в газы (CO_2 , N_2 , NH_3 , CH_4 и др.) – стадия диагенеза. В нижних же слоях отложений на глубине 1-3 км в условиях высокого давления (10-30 Мпа) и повышенной температуры (120-1500) при каталитическом влиянии горных пород начиналась решающая фаза генезиса нефти: образование углеводородов из органического вещества и их превращения – стадия катагенеза.

Зная химический состав нефтей можно прогнозировать химизм нефтеобразования.

Из элементного состава следует, что нефть в основном состоит из углеводородов. Наиболее широко в нефти представлены углеводороды трёх классов: алканы ($\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$), циклоалканы (C_nH_{2n}) и арены $\text{C}_n\text{H}_{2n-6}$.

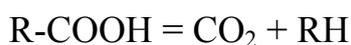
Присутствуют также углеводороды смешанного строения. Сравнительно жёсткие условия, в которых в природе находится нефть (температура до 200 °С и более), обуславливает незначительное содержание лишь в некоторых нефтях таких химически активных углеводородов, как алкены (C_nH_{2n}) и алкины ($\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$).

Соединения с циклическими и полициклическими структурами преобладают в нефтях, приуроченным к относительно молодым отложениям (третичным), а алифатические структуры более характерны для нефтей из палеозойских отложений.

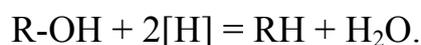
Из неуглеводородных компонентов нефтей известны кислородные, сернистые, азотистые соединения, также смолы и асфальтены, содержащие и кислород, и серу, и азот, но с не вполне ясной химической природой. Имеются и некоторые другие элементарно – органические соединения, но характер их тоже пока не совсем ясен. Нефть содержит также и минеральные вещества.

Рассмотрим возможные химические пути образования составляющих нефти.

Алканы образовались в результате декарбоксиляции жирных кислот:

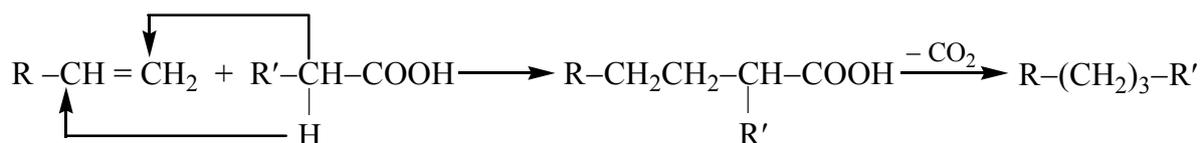


и восстановления высших спиртов:



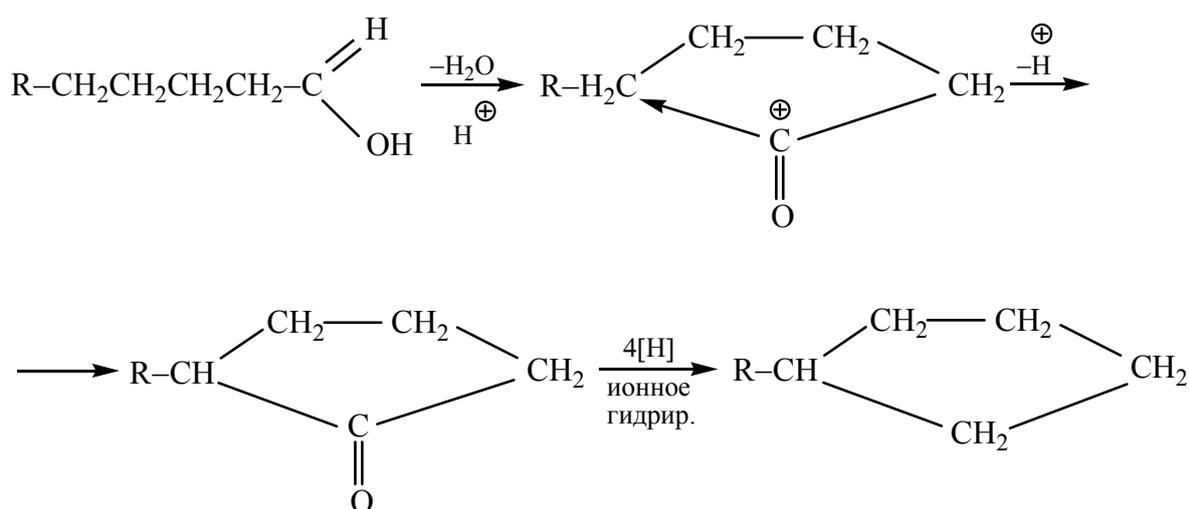
Слаборазветвлённые изоалканы 2-метил- и 3-метилалканы попали в нефть непосредственно из «материнского» вещества нефти, где они содержатся.

В настоящее время установлено, что в нефти содержатся алканы состава $C_{40} - C_{100}$. Такие алканы не могли образоваться в результате декаб-роксиляции жирных кислот, так как кислоты с большим числом углеродных атомов не найдены в природе. Их образование возможно в результате радикального присоединения кислот к α -алкенам (продукты термического расщепления длинных алкильных цепей молекул асфальтенов):

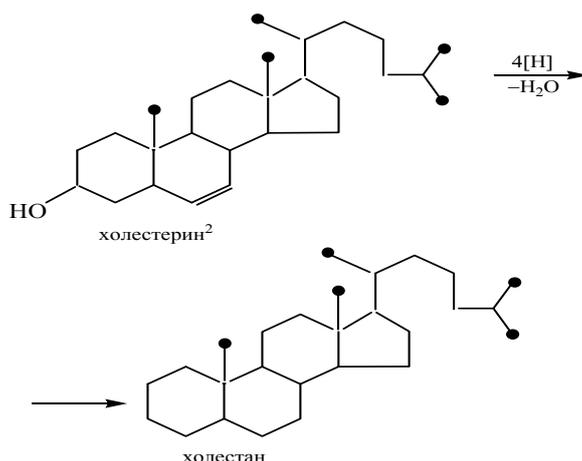


Основным исходным веществом при образовании нафтенов лёгких и средних фракций нефти явились, по-видимому, жирные кислоты. А. И. Богомоловым установлено, что при нагревании высших алифатических карбоновых кислот с алюмосиликатным катализатором при температурах $200-250^\circ C$ образуются моноциклические и бициклические нафтены.

Температуры в нефтяных пластах ниже ($150-170^\circ C$), а в стадии катагенеза, когда могли проходить подобные превращения жирных кислот под воздействием природных алюмосиликатов (глин) температуры были ещё ниже. Однако длительность протекания этих процессов могла компенсировать их низкую скорость. Возможный механизм таких превращений:



Полициклические нафтены высших фракций нефтей являются продуктами восстановления (ионного гидрирования) в стадии катагенеза стероидных спиртов, стероидов (холестерина, стигмастерина, эргостерина и др.), широко представленных в животном мире:

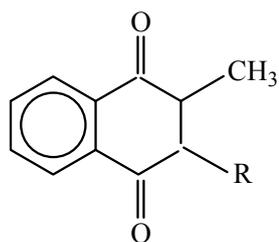


Предположим происхождение других компонентов нефти. Кислородные соединения – кислоты, сложные эфиры могли образовываться из липидного вещества планктона, состоявшего, как уже отмечалось, из сложных эфиров глицерина и высших карбоновых насыщенных и ненасыщенных кислот, эфиров кислот с высшим и алициклическими спиртами.

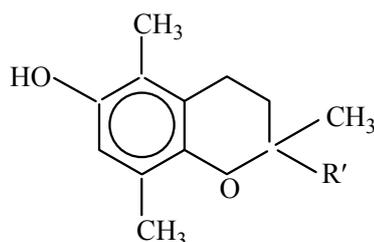
Предшественником изопреноидных кислот являются, по всей вероятности, фитол и продукты его превращения.

Алкилфенолы и нафтолы образовались, вероятно, в результате превращения таких природных продуктов, как лигнин, представляющий собой смесь сложных фенольных соединений, и витамины. Например, в результате превращений витамина К (содержит нафтохиноновый фрагмент), витаминов Е или токоферолов (содержит алкилфенольный фрагмент), производных флавона, кумарина и других природных соединений, широко представленных в растительном мире.

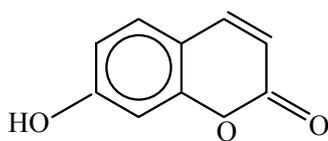
Ниже представлены примеры соединений этого типа:



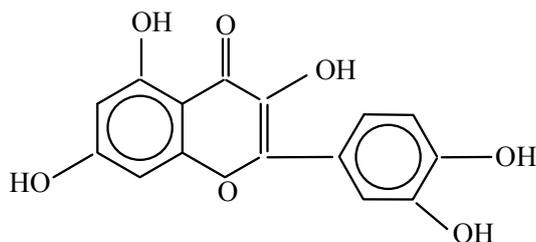
Витамин К,
где R - ненасыщенный радикал



Токоферолы
(отличаются строением радикала R')

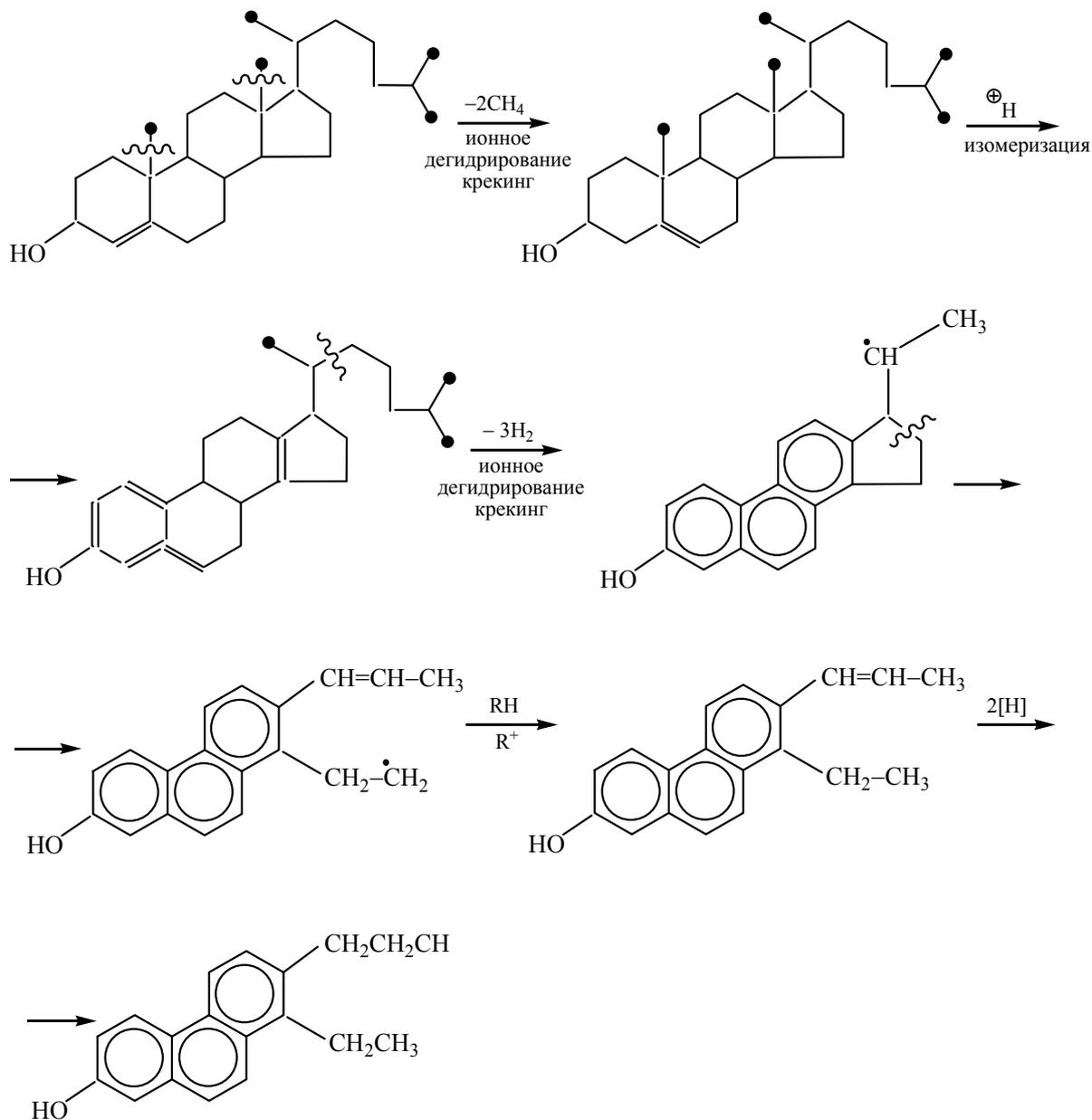


Производное кумарина -
умбеллиферон



Кверцетин
(производное флавона)

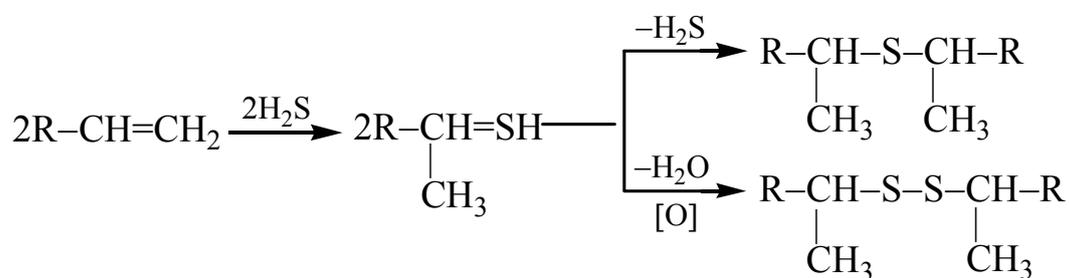
Найденные в высших нефтяных фракциях полициклические фенолы являются, по-видимому, продуктами превращения полициклических природных соединений (стероидных спиртов, например, холестерина) в процессе катагенеза:



Содержание серы в нефтях значительно выше, чем в органических соединениях – предшественниках нефти. Поэтому основная масса сернистых соединений нефти имеет вторичное происхождение. В настоящее время установлено, что алифатические сернистые соединения и некоторые гетероциклические (тиофаны) являются продуктами осернения углеводов нефти при взаимодействии с серой и сероводородом. Установлено, что сероводород образуется в результате жизнедеятельности анаэробных

бактерий, которые восстанавливают сульфаты, содержащиеся в горных породах месторождений, используя их кислород.

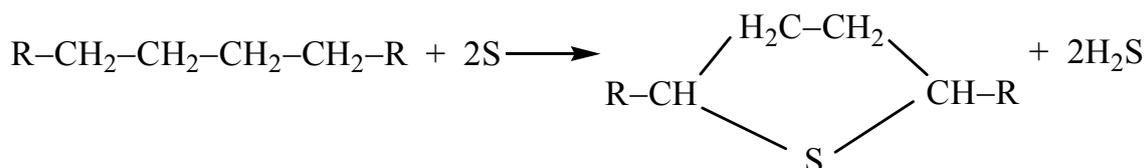
В стадии диагенеза сероводород может присоединяться к олефинам, содержащимся в исходном органическом веществе с образованием тиолов, сульфидов и дисульфидов:



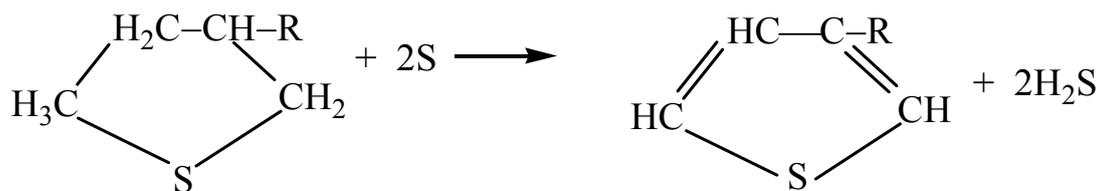
Превращение тиолов в дисульфиды происходит в результате взаимодействия тиолов с оксидами металлов переменной валентности, например, с оксидами железа:



Возможно также образования тиофанов:

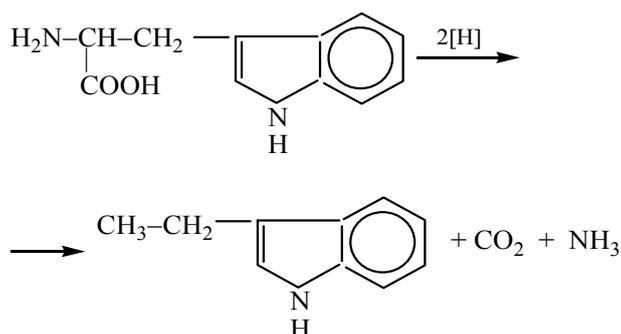


Тиофены образуются, возможно, в результате дегидрирования тиофанов под действием серы:



Азотистые соединения нефтей биологического происхождения попали в нефть из органических остатков растительных и животных организмов и бактерий, содержащих белки, хлорофиллы, гемины, алкалоиды (в случае высших растений).

Белки, содержащие 15-19 % азота, в стадии диагенеза подвергались под действием бактерий распаду с образованием аминокислот: основная часть аминокислот в стадии катагенеза разлагалась и превращалась в азотосодержащие соединения, в том числе гетероциклические. Например:



Хлорофиллы и гемины распадались с образованием порфиринов. Алкалоиды, многие из которых содержат азотсодержащие гетероциклические фрагменты (фрагменты пиррола, изохинолина) в процессе преобразования органического вещества в стадии катагенеза превращались в производные пиррола, хинолина, карбазола.

Продукты превращения – нефть и газ первоначально рассеяны в нефтематеринской, чаще всего глинистой породе. В результате давления породы, диффузии, фильтрации по порам и трещинам под действием капиллярных сил нефть и газ способны перемещаться (мигрировать) в толще пород. В результате миграции нефть и газ скапливались в так называемых ловушках, т. е. в малопроницаемых горных породах. Такие скопления нефти называют нефтяными залежами. Если количество нефти и газа в залежи велико, или в данной структуре пластов горных пород имеется несколько залежей, то говорят о нефтяном, нефтегазовом или газовом месторождении.

Выполненные исследования позволяют сделать выводы:

1. Геологические и геохимические наблюдения подтверждают гипотезу органического происхождения нефти.
2. Доказанная связь между составом нефти, живого вещества и органического вещества древних осадочных пород и современных осадков свидетельствует в пользу органического происхождения нефти.

УДК 621.3.035.22

ВЫБОР СОСТАВА ЭЛЕКТРОЛИТА ДЛЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ С АЛЮМИНИЕВЫМ АНОДОМ

П.А. Удод

Научные руководители Г.А. Королева, Г.Т. Королев

Сибирский федеральный университет

Химические источники тока (ХИТ) в настоящее время являются наиболее перспективным электрохимическим способом преобразования хи-

мической энергии окислительно-восстановительной реакции в электрическую. Можно выделить следующие достоинства ХИТ: высокий коэффициент полезного действия; бесшумность; безвредность; возможность использования в космосе и под водой, в переносных устройствах, на транспорте и т. д.

К химическим источникам тока относятся: гальванические элементы (ГЭ), аккумуляторы (ЭА) и топливные элементы (ТЭ). Компоненты гальванического элемента – окислитель (катод), восстановитель (анод) и электролит расходуются в процессе его работы. После расхода реагентов ГЭ не может больше работать, поэтому он и называется первичным химическим источником тока.

Промышленность в основном выпускает гальванические элементы с использованием цинковых анодов и катодов из оксидов марганца, меди, ртути, серебра и свинца. Основным недостатком цинка как анода является низкая емкость на единицу массы. Поэтому в последнее время все более широкое распространение в качестве материала анода получает магний. Интенсивно изучаются электрохимические системы с применением алюминиевых анодов. Этот металл характеризуется высокой емкостью на единицу массы и единицу объема, он доступен и имеет невысокую стоимость. Однако промышленность ГЭ с алюминиевым анодом в настоящее время не выпускает, так как разработчики встретились с серьезными трудностями, обусловленными коррозией и пассивацией алюминия. Сложность решения этой проблемы заключается в том, что меры, снижающие коррозию металла, обычно приводят к усилению пассивации и наоборот. Вопрос о поиске оптимальных условий, при которых коррозия и пассивация алюминия проявляется в минимальной степени, остается актуальным.

Целью настоящей работы является выбор состава электролита для ГЭ с алюминиевым анодом. Электролиты ХИТ служат ионными проводниками между электродами, а также отделяют восстановитель (анод) от непосредственно контакта с окислителем (катодом). Применяемые электролиты должны обладать следующими свойствами:

- Иметь высокую ионную проводимость;
- Обладать малой коррозионной активностью по отношению к конструкционным материалам элемента;
- Быть устойчивым при работе элемента и его хранении, а также при контакте с восстановителем, окислителем и продуктами реакции.

Важно также, чтобы компоненты электролита способствовали смещению потенциала анода в отрицательную область, а потенциала катода – в положительную. В этом случае ЭДС гальванического элемента будет возрастать.

Стандартное значение окислительно-восстановительного потенциала пары Al^{3+}/Al в кислой среде равно $E_{\text{Al}^{3+}/\text{Al}}^0 = -1,66 \text{ В}$. В щелочной среде по-

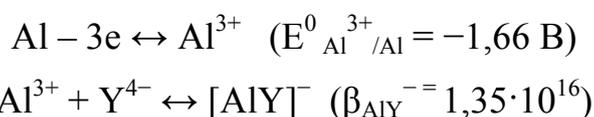
тенциал этой пары смещается в отрицательную область. И составляет $E^0_{[Al(OH)_4]^-/Al, OH^-} = -2,31$ В, отсюда следует, что в щелочной среде потенциал алюминиевого электрода более отрицателен, чем в кислой среде. Однако в щелочной среде алюминий подвергается сильной коррозии.

Нами было решено исследовать электролиты, содержащие ЭДТА (этилендиаминтетрауксусной кислоты динатриевую соль) $\rightarrow Na_2H_2Y$ или сульфосалициловую кислоту ($C_7H_6O_6S$) $\rightarrow H_3Ssal$.

С ЭДТА катионы Al^{3+} образуют устойчивые комплексы двух типов: $[AlY]^-$ и $[AlHY]$, с константами образования $\beta_{AlY^-} = 1,35 \cdot 10^{16}$ и $\beta_{AlHY} = 2,51 \cdot 10^8$, соответственно.

Нами рассчитаны стандартные электродные потенциалы для этих окислительно-восстановительных пар.

Суммарный процесс $Al + Y^{4-} - 3e \leftrightarrow [AlY]^-$ можно представить как комбинацию двух равновесий:



Уравнение Нернста для первого равновесия имеет вид:

$$E_{Al^{3+}/Al} = E^0_{Al^{3+}/Al} + (0,059/3 \cdot \lg[Al^{3+}])$$

Так как $\beta_{AlY^-} = \frac{[AlY]^-}{[Al^{3+}][Y^{4-}]}$, то $[Al^{3+}] = \frac{[AlY]^-}{\beta_{AlY^-} \cdot [Y^{4-}]}$

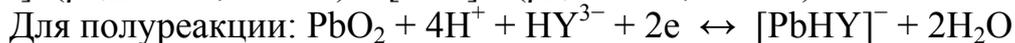
Подставив значение концентрации ионов алюминия в уравнение Нернста для первого равновесия получим $E^0_{[AlY]^-/Al, Y^{4-}} = -1,98$ В.

Аналогично рассчитывается стандартный потенциал системы, в которой образуется комплекс $[AlHY]$. $E^0_{[AlHY]/Al, HY^{3-}} = -1,82$ В.

Таким образом, включение в состав электролита ЭДТА способствует смещению потенциала анода в отрицательную область.

В качестве катода во многих гальванических элементах используется диоксид свинца, как вещество, имеющее высокий потенциал и хорошую электронную проводимость. Для системы $PbO_2 \rightarrow Pb^{2+}$ в кислой среде $E^0_{PbO_2, H^+/Pb^{2+}} = 1,45$ В.

Рассмотрим, как повлияет на потенциал этой пары присутствие в растворе ЭДТА. Катионы Pb^{2+} образуют с ЭДТА два типа комплексов: $[PbHY]^-$ ($\beta_{PbHY^-} = 4,07 \cdot 10^{10}$) и $[PbY]^{2-}$ ($\beta_{PbY^{2-}} = 1,10 \cdot 10^{18}$).



$$E^0_{PbO_2, H^+, HY^{3-}/[PbHY]^-} = 1,77 \text{ В.}$$

Аналогично, для полуреакции: $PbO_2 + 4H^+ + Y^{4-} + 2e \leftrightarrow [PbY]^{2-} + 2H_2O$

$$E^0_{PbO_2, H^+, Y^{4-}/[PbY]^{2-}} = 1,99 \text{ В.}$$

Следовательно, ЭДТА увеличивает стандартный электродный потенциал катода.

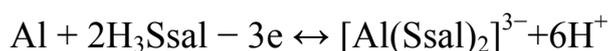
В состав электролита часто вводят добавки веществ, снижающих коррозию катода, например, хромат ионы. Оценим, как изменится стандартный потенциал катода в растворе, содержащем CrO_4^{2-} -ионы. Хромат-ионы с ионами Pb^{2+} образуют малорастворимую соль: $\text{Pb}^{2+} + \text{CrO}_4^{2-} \leftrightarrow \text{PbCrO}_4$ ($\text{IP} = 1,8 \cdot 10^{-14}$)

Рассчитанный нами через IP стандартный электродный потенциал для полуреакции $\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + \text{CrO}_4^{2-} + 2\text{e} \leftrightarrow \text{PbCrO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ составляет

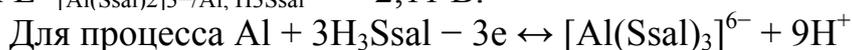
$$E^0_{\text{PbO}_2, \text{H}^+, \text{CrO}_4^{2-} / \text{PbCrO}_4} = 1,83 \text{ В.}$$

Следовательно, присутствие в электролите хромат-ионов способствует смещению потенциала катода в положительную сторону.

Катионы Al^{3+} образуют устойчивые комплексы с двумя ($\beta_2 = 6,76 \cdot 10^{22}$) и тремя ($\beta_3 = 7,76 \cdot 10^{28}$) кислотными остатками сульфосалициловой кислоты (условная формула H_3Ssal). Стандартный электродный потенциал для полуреакции



равен $E^0_{[\text{Al}(\text{Ssal})_2]^{3-} / \text{Al}, \text{H}_3\text{Ssal}} = -2,11 \text{ В.}$



$$E^0_{[\text{Al}(\text{Ssal})_3]^{6-} / \text{Al}, \text{H}_3\text{Ssal}} = -2,23 \text{ В.}$$

Проведенные нами расчеты по влиянию сульфосалициловой кислоты на потенциал алюминиевого электрода показали смещение E^0 в большей степени, чем для растворов, содержащих ЭДТА, но кислота вступает в химическое взаимодействие с катодом PbO_2 , поэтому дальнейшее изучение процесса в кислой среде нами не проводилось.

Для создания слабокислотной среды, в которой коррозия и пассивация алюминия протекают с минимальной скоростью, нами использован ацетатный буферный раствор с $\text{pH} = 5$. С помощью кондуктометра «Эксперт 002» были измерены величины удельной электропроводности используемых растворов (табл. 1). Для увеличения электропроводности в электролит были введены добавки хлорида калия (0,01 М и 1 М). Известно, что хлорид-ионы снижают пассивацию алюминиевого электрода.

Оптимальным составом с наибольшей электропроводностью (107,2 мСм) оказался последний электролит: ацетатный буферный раствор ($\text{pH} = 5$) + ЭДТА (0,1 М) + KCl (1 М)

Были измерены потенциалы катода и анода в электролитах разного состава (табл. 2). Измерения проводили на установке, схема которой приведена на рис. 1.

Таблица 1. Значения удельной электропроводности при 25 °С растворов, используемых для подбора электролита гальванического элемента

Состав электролита, концентрация (моль/л) компонентов	Удельная электропроводность при 25 ⁰ С, мСм
Ацетатный буферный раствор (рН = 5)	6,55
Ацетатный буферный раствор (рН = 5) + ЭДТА (0,1М) К Сl (0,01 М)	24,99
Ацетатный буферный раствор (рН = 5) + ЭДТА (0,1М) + КСl (1 М)	107,2

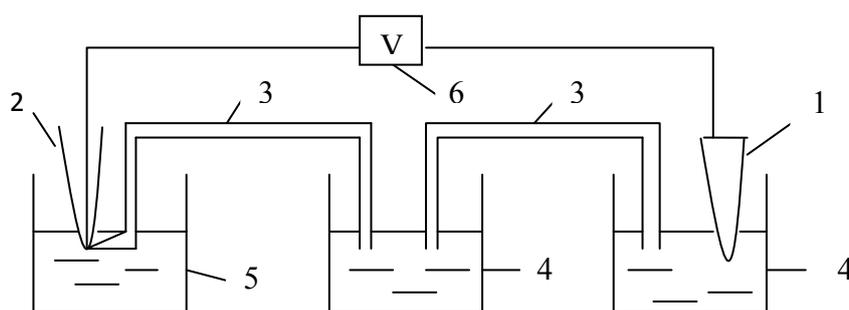


Рис. 1. 1 – электрод сравнения; 2 – изучаемый электрод; 3 – электрический ключ; 4 – раствор KCl (1 М); 5 – раствор изучаемого электролита; 6 – высокоомный вольтметр

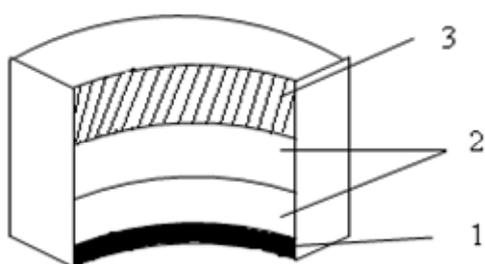
В качестве электрода сравнения применяли хлоридсеребряный электрод. В случае определения потенциала катода применяли платиновый электрод.

В современных ГЭ электролит, как правило, используется в матричной форме (матричный электролит). С этой целью инертное вещество (асбест), обладающее хорошей поглотительной способностью, пропитывают раствором электролита. В результате матрица будет иметь хорошую ионную проводимость. Применение матричных электролитов позволяет уменьшить межэлектродное пространство и, следовательно, сделать элемент более компактным. Кроме того отсутствие свободного электролита делает элементы более удобными в изготовлении и эксплуатации.

Для проверки эффективности состава электролита нами был собран дисковый гальванический элемент. В низкий цилиндрический корпус помещали алюминиевый анод, который накрывали двумя асбестовыми прокладками, пропитанными электролитом (матричный электролит). Далее помещали активный материал катода ($PbO_2 + C$), также пропитанный электролитом. Сверху цилиндр закрывали металлической крышкой. Конструкция такого элемента представлена на рис.2. Была измерена ЭДС собранного элемента.

Таблица 2. Потенциалы электродов в растворах электролитов разного состава

Электрод	Состав электролита, концентрация (моль/л) компонентов в растворе	Потенциал электрода относительно СВЭ, В
Pt	PbO ₂ + ЭДТА(0,1 М) + ацетатный буферный раствор (рН = 5)	+ 0,62
Pt	PbO ₂ + ЭДТА(0,1 М) + KCl(1 М)	+ 0,73
Pt	PbO ₂ + KCl(1 М)	+ 0,75
Al	ЭДТА(0,1 М) + ацетатный буферный раствор (рН = 5)	-1,77
Al	ЭДТА(0,1 М) + KCl(1 М) + ацетатный буферный раствор (рН = 5)	-1,79



1 – алюминиевый анод;
2 – матричный электролит;
3 – активная масса катода.

Рис. 2. Конструкция дискового элемента

Для гальванического элемента Al/электролит/PbO₂/C при использовании электролита оптимального состава: ЭДТА(0,1 М); KCl(1 М); ацетатный буферный раствор (рН = 5), величина ЭДС составила 1,92 В (в промышленных батарейках ≈ 1,5В). На основании полученных результатов нами сделаны следующие выводы:

1. Использование электролитов, обладающих комплексообразовательной способностью, позволяет увеличить эффективность работы гальванического элемента;
2. Подобран комплексообразующий реагент, смещающий потенциалы катода (в положительную область) и анода (в отрицательную область);
3. Состав комплексообразующего электролита необходимо оптимизировать, вводя различные добавки, увеличивающие электропроводность, уменьшающие пассивацию, снижающие коррозию;
4. Необходимы дальнейшие исследования составов электролитов для гальванических элементов с алюминиевым анодом.

ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ: ОБОГАЩЕНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ, МЕТАЛЛУРГИЯ, КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ



УДК 669.22

РАЗРАБОТКА РЕСУРСΟΣБЕРЕГАЮЩИХ СПОСОБОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЛОМАСЕРЕБРОСОДЕРЖАЩИХ КОНТАКТОВ ЭЛЕКТРОЛИЗОМ НИТРАТНЫХ РАСТВОРОВ С НЕРАСТВОРИМЫМ АНОДОМ

Т.С. Буянова, И.Х. Шайморданова
Научные руководители А.И. Рюмин, Е.А. Селина
Сибирский федеральный университет

В процессе изъятия драгоценных металлов из лома электротехники и электроники в значительных количествах формируются партии серебросодержащих контактов. Контакты являются композитом состава: Ag-CuO, Ag-CdO, Ag-Ni, Ag-NiO.

В целях опробования и переработки их разделяют на немагнитные (Ag-CuO, Ag-CdO) с содержанием серебра около 80 % и магнитные (Ag-Ni, Ag-NiO) с содержанием серебра около 60 %.

Существующая практика переработки данного вида сырья предусматривает полное растворение контактов в азотной кислоте и осаждение из раствора серебра в виде труднорастворимой соли AgCl. После отмывки полученную соль восстанавливают в водной пульпе порошком железа с получением цементного серебра. Материал отмывают, сушат и сдают на аффинажный завод порошок, содержащий 92-96 % серебра.

Интерес представляет рассмотрение различных вариантов электрохимической переработки контактов. Один из вариантов заключался в полном растворении контактов (преимущественно Ag-Ni, Ag-NiO) и последующем электрохимическом осаждении серебра электролизом с нераство-

римым анодом. Это позволяет исключить операцию получения хлорида серебра и получить катодный металл, содержащий более 98 % серебра.

Второй вариант решает еще и экологическую задачу, т. е. снижение выбросов оксидов азота. Он предусматривает электрохимическую переработку контактов электролизом с растворимым насыпным анодом. Серебро на аноде растворяется, а на катоде восстанавливается до металла. Цветные металлы, входящие в состав контактов, на катоде не восстанавливаются.

Первый способ переработки лома серебрясодержащих контактов на начальной стадии включал в себя полное химическое растворение контактов, содержащих 60 % Ag и 40 % Ni и NiO, в концентрированной азотной кислоте с дальнейшим получением электролита, содержащего 40 г/л серебра.

Экспериментальное исследование показателей электролитического осаждения серебра из азотнокислых растворов выполнялось в лабораторном масштабе. При этом изучались зависимости чистоты осажденного серебра и катодного выхода по току от силы тока. Контролировалось качество полученных катодных осадков, накопление примеси никеля в электролите и остаточная концентрация серебра в электролите.

Методика экспериментов по электроосаждению серебра с нерастворимым анодом заключалась в том, что раствор, полученный на перделе выщелачивания, направлялся в электролизную ячейку (объем электролита составлял 0,250 см³), оснащенную одним катодом и одним анодом из нержавеющей стали. В качестве катода использовалась пластина нержавеющей стали, площадь поверхности которой составляла по 0,33 см² с каждой стороны. Анодные пластины использовались равными по площади катоду. Межэлектродное расстояние составляло 35–37 мм. Через раствор пропускался постоянный ток, равный 1,75–3 А. Сила тока поддерживалась постоянной, изменение напряжения на ванне фиксировались каждые 10 минут. Процесс электролитического осаждения серебра осуществляли без подогрева электролита, при температуре 20–22 °С. Осаждение серебра проводили циклично, время одного цикла составляло 1 час. По окончании каждого цикла эксперимента оценивался выход по току и чистота катодного серебра, остаточная концентрация серебра в растворе электролита и накопление в нем примеси никеля. В процессе электролиза прозрачность и цвет электролита изменялся. В ходе проведенных экспериментов установлено, что с уменьшением содержания серебра в электролите напряжение на ванне увеличивается. На катоде серебро выделяется в виде мелкодисперсного легкоотслаиваемого порошка светло-серого цвета с заметными включениями игольчатой формы. Полученное серебро легко отделяется от катодной матрицы, далее осуществлялась промывка и сушка катодного осадка. Высушенный конечный продукт весом 6,87 г представляет собой металлическое серебро чистотой 98 %. Выход по току составляет 68,3 %. По окон-

чании процесса остаточная концентрация серебра в растворе составила – 2,6 г/л, никеля – 20,4 г/л. Обедненный по серебру электролит, содержащий 1-2г/л серебра и более 25 г/л никеля, далее целесообразно выводить из процесса с целью последующего осаждения серебра в виде AgCl.

Второй способ переработки лома серебрясодержащих контактов методом насыпного анода включал в себя приготовление электролита с использованием чистого аффинированного серебра (массовая доля примесей менее 0,005 %), что в дальнейшем позволило исключить влияние примесей на процесс формирования катодного осадка серебра.

Электролит готовили растворением серебра в HNO_3 с концентрацией серебра 50 г/л.

При использовании метода растворимого насыпного анода с одновременным получением высокочистого металлического серебра важное значение имеет ограничение вредного воздействия используемой технологии или ее компонентов на окружающую среду.

Процесс электролитического осаждения серебра методом насыпного анода осуществляли из контактов, содержащих 60 % Ag и 40 % Ni и NiO. Контакты, общей массой 111г загружали в перфорированную пластиковую корзину с графитовым стержнем в качестве электрода. Анодную корзину помещали в корпус электролизера, прямоугольной формы, заливали электролит объемом 200 мл. Для сбора анодного скрапа использовали тканевый мешок. В качестве катода использовалась пластина нержавеющей стали, площадь поверхности которой составляла по 0,33 см² с каждой стороны. Межполюсное расстояние составляло 32 мм от внешней стенки анодной корзины. Режим проведения электролиза был аналогичен описанному выше, первому способу, с целью сопоставления полученных результатов, т.е. силы тока 1,75–3А, напряжения на ванне фиксировались каждые 10 минут. Процесс электролитического осаждения серебра осуществляли также без подогрева электролита, при температуре 20-22 °С. Осаждение серебра проводили циклично, время одного цикла составляло 1 час. По окончании каждого цикла эксперимента оценивался выход по току и чистота катодного серебра, остаточная концентрация серебра в растворе электролита и накопление в нем примеси никеля. В ходе проведения эксперимента зафиксировано, что катодное серебро имеет заметное количество крупных дендритных включений. Сами катодные осадки получаются в виде рыхлых, крупных, неоднородных частиц. Катодные осадки легко отделяются от катода. После промывки и сушки масса катодных осадков составила 9,53г, масса анодного шлама – 17,9г. Выход по току в данном случае составляет 64,3 % . Содержание серебра в катодном осадке – 98-99 %. По окончании процесса остаточная концентрация серебра в растворе составила – 4,3г/л, никеля – 96,3г/л. Указанная концентрация никеля в растворе электролита не ухудшает показателей электролиза и позволяет проводить

процесс анодного растворения контактов до содержания никеля в электролите до 200 г/л. Обогащенный по серебру электролит, содержащий около 200 г/л никеля, далее целесообразно выводить из процесса и направлять на электроосаждение серебра из нитратных растворов с нерастворимым анодом, предложенным нами, как первый вариант переработки серебрясодержащих контактов.

В процессе исследований получены удовлетворительные данные, позволяющие утверждать, что предложенные способы представляют практический интерес, выгодно, с экологической точки зрения, отличающиеся от существующих методов переработки.

УДК 622.7

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФОСФАТНО-РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫХ РУД ТАТАРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

О.Г. Василенко

Научный руководитель В.И. Брагина

Сибирский федеральный университет

Ежегодно в России добывается 12 млрд. т горной массы. Количество отходов катастрофическое и будет расти, так как руды стали беднее.

Сегодня на складирование тратятся млрд. руб., плюс к тому идет отчуждение хороших пахотных земель. В тоже время некоторые из выбрасываемых компонентов, например, апатит, очень востребованы и могут использоваться в различных отраслях промышленности и сельском хозяйстве.

Актуальность данной работы связана еще и с необходимостью вовлечения в сферу промышленного использования новых месторождений фосфатного сырья (апатитов, фосфоритов) и комплексного использования фосфатно-редкометалльных руд с целью дальнейшего их обогащения и получения апатитовых концентратов.

Главным источником получения апатита являются апатитовые и фосфоритовые руды. Из фосфатных получают фосфор и его соединения, которые широко применяются в различных отраслях народного хозяйства и, особенно, в химической промышленности. Однако основной объем добываемых апатитовых и фосфоритовых руд используется для получения минеральных удобрений – главного источника повышения эффективности сельского хозяйства и, в конечном счете, благосостояния народа.

Фосфатно-редкометалльные руды обладают рядом особенностей. Во-первых, минеральный состав их многообразнее, чем руд цветных и черных металлов. Во-вторых, структура и текстурные особенности этих руд очень сложны. В-третьих, физические и физико-химические свойства минералов, входящих в их состав, близки между собой. Всё это затрудняет технологию переработки этих руд и часто требует нетрадиционных методов обогащения, а при флотации – применения помимо обычных специальных реагентов [2, 3, 4].

Основным методом обогащения для выделения редкометалльного концентрата является гравитационный (отсадка, столы, спиральные сепараторы, шлюзы), позволяющий получить черновой низкосортный концентрат, подвергаемый затем доводке. Выделение апатита, в основном, осуществляют флотацией [4, 5, 6, 7, 8].

Невысокая стоимость апатитового концентрата требует применения дешевых реагентов. Поэтому наиболее широко используются заменители жирных кислот или мыл: сульфатное мыло, таловое масло, смесь жирных кислот, торфяная смола и другие реагенты часто в смеси с аполярными собирателями. Апатит может быть сфлотирован также аминами [8].

Исследуемые хвосты обогатительной фабрики содержали 30 % апатита, 40 % вермикулита, 25 % гидроокислов (гидрогетита), 5 % амфиболов, кварца и карбонатов. Содержание P_2O_5 в хвостах составило 12 %.

Для разработки технологии извлечения апатита из хвостов обогащения фосфатно-редкометалльных руд Татарского месторождения значительный интерес представляет изыскание эффективных реагентов.

Нами были испытаны ЖКТМ, ФЛОН-8, ArmacT, DuomeenT, ФЛОН-1.

Изучавшийся апатит, по данным минералогического и химического анализов, представлен фторапатитом – $Ca(PO_4)_3F$ и практически не содержит примесей.

Установлено (рис. 1), что **ЖКТМ** обладает высокой собирательной способностью по отношению к апатиту и значительно меньшей к гидрогетиту и вермикулиту. Разница в извлечении апатита и вермикулита, гидрогетита составляет 44 % уже при низком расходе (0,5 кг/т).

Влияние **ФЛОН-8** на флотируемость минералов показано на рис. 2. При низком расходе реагента (0,5 кг/т) гидрогетит и вермикулит флотируются плохо (извлечение 28-30 %), а апатит – хорошо (извлечение 98 %). Разница в извлечении апатита с гидрогетитом, вермикулитом при расходе 0,5 кг/т составляет 68 %. Следует отметить, что извлечение апатита ФЛОН-8 по сравнению с ЖКТМ увеличивается с 93 % до 98 %.

Влияние **ФЛОН-1** на флотируемость минералов показано на рис.3. ФЛОН-1 хорошо флотирует апатит только при больших расходах (2 кг/т). При этом разница во флотируемости апатита и вермикулита составляет всего 28 %.

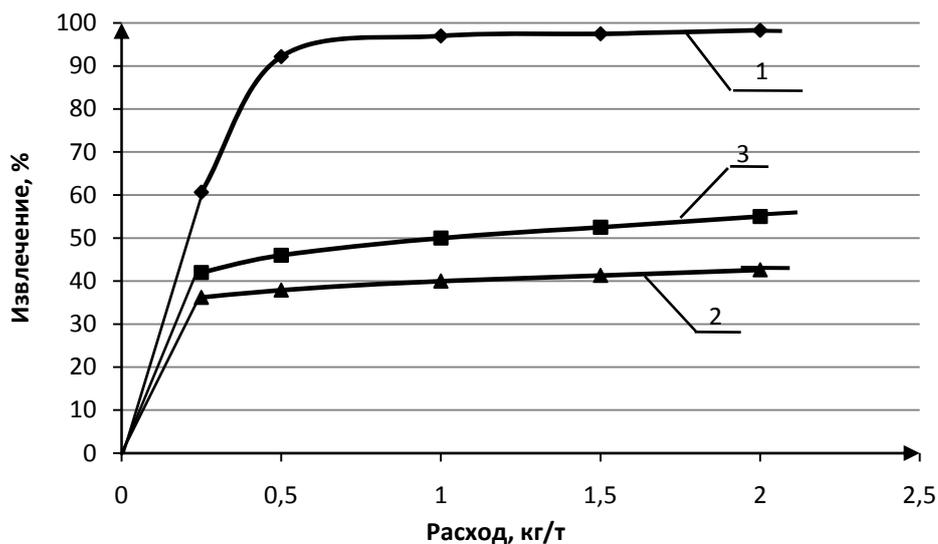


Рис. 1. Влияние ЖКТМ на флотацию минералов:
1 – апатит; 2 – гидрогетит; 3 – вермикулит

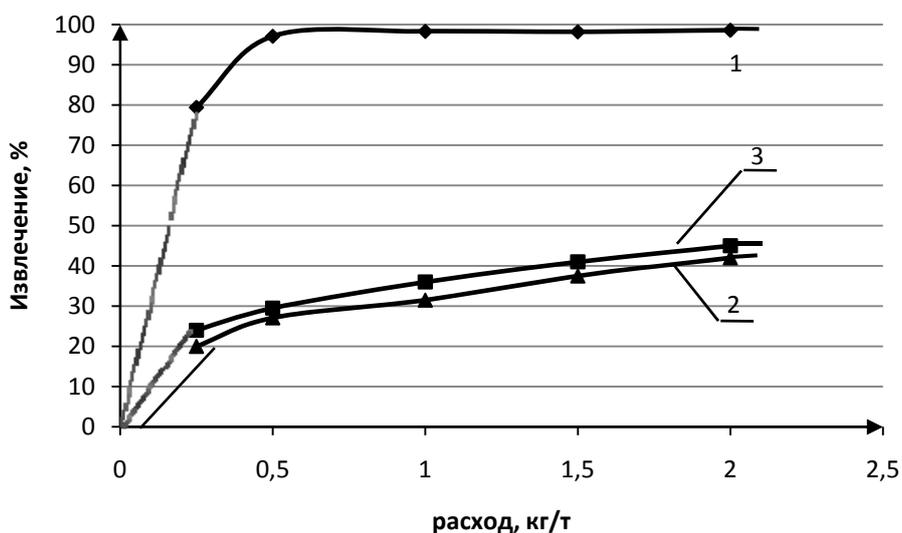


Рис. 2. Влияние ФЛОН-8 на флотацию минералов:
1 – апатит; 2 – гидрогетит; 3 – вермикулит

Реагенты АрмасТ, ДуомеенТ дали результат флотации близкий к ФЛОН-1. Таким образом, наиболее селективным собирателем для отделения апатита от вермикулита и гидрогетита является ФЛОН-8, затем ЖКТМ.

Полученные результаты были использованы при флотации апатита из хвостов обогатительной фабрики. При этом было изучено влияние соды, жидкого стекла, ЖКТМ, ФЛОН-8 и сочетания ЖКТМ и ФЛОН-8, расходы которых составили (последовательно): 4; 5; 0; 0 и 1,5 и 0,2 кг/т. Получен кондиционный апатитовый концентратсодержанием P_2O_5 35,8 % при извлечении 67,7 %.

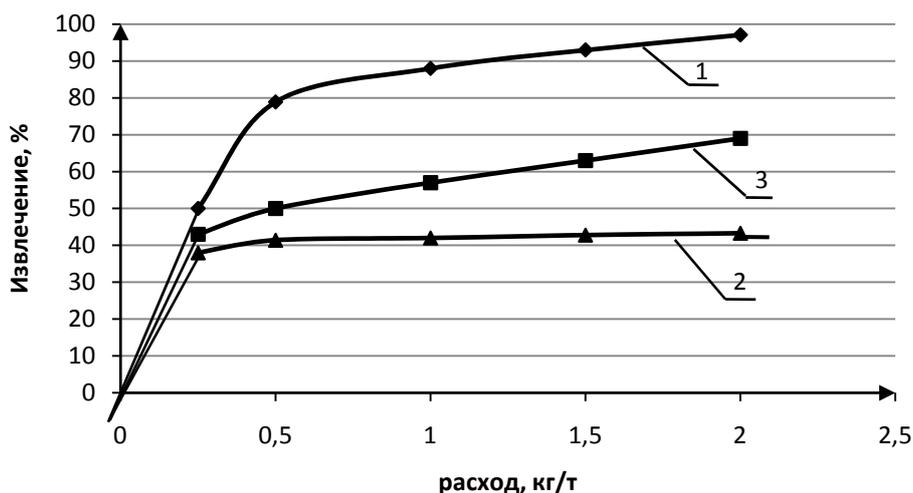


Рис. 3. Влияние ФЛОН-1 на флотацию минералов:
1 – апатит; 2 – гидрогетит; 3 – вермикулит

Выводы:

1. Разработан реагентный режим для извлечения апатита из хвостов фабрики. Расход реагентов: сода – 4; жидкое стекло – 5; ЖКТМ – 1,5; ФЛОН-8 – 0,2 кг/т.

2. Получен кондиционный апатитовый концентрат при хорошем извлечении.

3. Предложенная технология позволяет организовать комплексное обогащение фосфатно-редкометалльной руды Татарского месторождения с получением товарных продуктов: ниобиевого и апатитового концентратов.

4. Установленные закономерности режима флотации апатита из хвостов могут быть использованы при разработке технологий обогащения апатитовых, фосфоритовых, комплексных апатито-нифелиновых и других руд.

Список литературы

1. О состоянии минерально-сырьевой базы Российской Федерации. 2003. Режим доступа: <http://www.mineral.ru/Chapters/Production/Issues/35/IssueFiles.html>

2. Брагина, В.И. Обогащение фосфатно-редкометалльных руд / В.И.Брагина, В.И. Брагин. – Красноярск: ГАЦМиЗ, 2002.

3. Брагина, В.И. Обогащение и комплексное использование фосфатных и фосфатно-редкометалльных руд Восточной Сибири / В.И. Брагина, В.И. Брагин. – Красноярск: ГАЦМиЗ, 1996.

4. Абрамов, А.А. Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых / А.А. Абрамов. – М.: изд-во Моск. гос. горн. ун-та, 2004. Т.2.

5. Абрамов, А.А. Теоретическое обоснование оптимальных значений концентрации собирателя и рН пульпы при флотации несulfидных минералов / А.А. Абрамов, Д.В. Магазаник // Физико-техн. проблемы разраб. Полез. Ископаемых. 2006, №2

6. Брагина, В.И. Фосфатные руды Красноярского края/В.И.Брагина, В.Е. Кисляков // Минерально-сырьевая база, технологии обогащения. – Красноярск: ГУЦМиЗ, 2006.

УДК 622.7

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСВЕТЛЕНИЯ РАСТВОРОВ ФЛОТАЦИИ

М.В. Чуфырина, А.Г. Степанов, С.Г. Шахрай
Научный руководитель В.В. Коростовенко
Сибирский федеральный университет

По мере развития производства, с его масштабностью и темпами роста, все большую актуальность приобретают проблемы разработки и внедрения ресурсосберегающих технологий.

Состояние современной промышленности определяет необходимость применения новых способов переработки сырья, обогащения руд полезных ископаемых, обеспечивающих рациональное использование природных запасов.

В настоящей работе представлены результаты исследований, направленных на повышение эффективности процесса флотации путём обработки растворов высокоэнергетическими импульсами, что обеспечивает увеличение полноты извлечения ценных компонентов и производительности оборудования за счет сокращения времени осветления растворов.

Флотация – один из главных методов обогащения полезных ископаемых. С помощью данной технологии обогащаются все медные, молибденовые и свинцово-цинковые руды, значительная часть железных, золотых, марганцевых и оловянных руд.

Процесс осуществляют во флотационных машинах, сущность которого заключается в следующем. При сближении в водной среде пузырька газа и гидрофобной поверхности минеральной частицы, разделяющая их водная прослойка при достижении некоторой критической толщины становится неустойчивой и самопроизвольно прорывается. Этот этап завершается образованием флотационных агрегатов (частиц и пузырьков воздуха). Вследствие того, что плотность агрегатов значительно ниже плотности

пульпы, они собираются на поверхности последней в виде устойчивого пенного слоя.

Свойства флотационной пены: устойчивость, определяющая эффективность закрепления частиц минералов на пузырьках газа и их размер, во многом определяют степень извлечения флотируемых компонентов и чистоту получаемого концентрата. Малоустойчивые пены могут разрушаться еще до момента удаления их из камеры флотационной машины, при этом будет интенсивно протекать процесс деминерализации, что значительно снизит эффективность процесса. Мелкие пузырьки диаметром менее 0,6 мм сохраняются в пульпе достаточно долго, однако они практически не выносят на поверхность средних и крупных зёрен. Большие пузырьки диаметром более 1,2 мм обладают высокой подъёмной силой, однако для процесса флотации они также малоэффективны. Обусловлено это высокой скоростью их подъема и малым временем контакта с пульпой, недостаточным для «захвата» частиц. Наиболее оптимальный диаметр пузырьков, обеспечивающий максимальное извлечение ценных продуктов из пульпы, – 0,6–1,2 мм.

Раствор, обработанный во флотационной машине, отправляется в отстойники-сгустители, где происходит отделение твердой фазы. Однако этот процесс затрудняется вследствие электрокинетических явлений на поверхности твердых частиц, что снижает эффективность процесса осаждения.

Известные способы повышения эффективности процесса: введение в обрабатываемые растворы коагулянтов и флокулянтов, применение насосов различной конструкции, излучателей, ультразвуковых статических сирен на практике оказываются не всегда применимыми и достаточно эффективными. Так, введение коагулянтов и флокулянтов может привести к вторичному загрязнению растворов и изменению их химических свойств, например рН, выше допустимых технологических инструкций. Механическое и ультразвуковое воздействие технических средств на практике не всегда способно полностью разрушить пузырьки пены. Следовательно, необходимо поиск технических решений, повышающих эффективность осветления растворов флотации за счет разрушения устойчивых пен и увеличения скорости осаждения твердых частиц.

Увеличить скорость осаждения твердых частиц в отстойниках-сгустителях возможно путем обработки раствора высокоэнергетическими импульсами.

В течение длительного времени широкие возможности разрядно-импульсной обработки (РИО) не реализовывались на практике, так как процессы, происходящие под действием высоковольтных импульсов, были недостаточно изучены.

В результате многочисленных исследований было установлено, что РИО способствует осаждению минеральных частиц, позволяет получить осветленный раствор требуемого качества и снизить потери ценных продуктов со сливом.

Воздействие высоковольтного импульсного разряда на обрабатываемый раствор заключается в следующем. Импульс вызывает сжатие двойного электрического слоя, что интенсифицирует процесс коагуляции – агрегирование дисперсных частиц и их выпадение в осадок.

Исследования по электроимпульсной обработке минеральной фазы в водной среде проводились на лабораторной установке, состоящей из зарядного блока, блока конденсаторов и реактора с размещённой внутри электродной системой.

В ходе экспериментов меняли удельную энергию обработки, а также количество импульсов, при этом определяли время осаждения твёрдой фазы. В качестве объекта исследований выбрали свинцово-цинковый концентрат с целью изучения возможности увеличения скорости разрушения флотационных пен и интенсификации процесса осаждения минеральной фазы.

Данные, представленные в таблице, показывают, что импульсная обработка в 4 раза уменьшает время осаждения частиц. При этом оптимальное значение энергии импульса составляет 9,2 кДж/дм³.

Таблица. Изменение высоты осветленного слоя в зависимости от энергии РИО при сгущении свинцово-цинковых концентратов

Время осаждения, мин	Высота осветленного слоя над сгущенным продуктом, мм, при различной энергии РИО и однократном импульсе, кДж/дм ³						
	без обработки	1,5	3,4	6	9,2	13,4	18,2
0	0	0	0	0	0	0	0
2	5	5	5	15	50	10	10
4	42	35	55	60	130	50	45
6	90	80	130	105	170	120	115
8	130	120	165	150	245	160	115
10	170	160	210	190	320	190	185
12	200	200	260	230		230	230
14	240	245	280	280		280	285
16	280	285	300	320		310	316
20	310	320	320			320	320
30	315						
40	320						

Результаты и выводы

Увеличить скорость осветления флотационных растворов возможно путем их обработки высокоимпульсными разрядами. Применительно к

растворам, содержащим свинцово-цинковые частицы, оптимальным является импульс величиной энергии $9,2 \text{ кДж/дм}^3$. При этом наблюдается увеличение скорости осаждения частиц в 4 раза.

Кроме того, с помощью данного способа становится возможным не только увеличение скорости разрушения флотационных пен, но и получение осветленных растворов требуемого качества.

Применение разрядимпульсной обработки позволит усовершенствовать технологию переработки минерального сырья и наиболее рационально использовать природные ресурсы.

ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ: СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ЛИТЬЯ, ОБРАБОТКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

УДК 621.771

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОЛУЧЕНИЯ ГОРЯЧЕПРЕССОВАННЫХ ПРУТКОВ ИЗ СТРУЖКОВЫХ СЫПУЧИХ ОТХОДОВ РАЗЛИЧНЫХ МАРОК ЛАТУНИ

А.А. Арэфьев, Н.Н. Дубов, М.А. Кабанов
Научный руководитель Н.Н. Загиров
Сибирский федеральный университет

При производстве полуфабрикатов и изделий из цветных металлов и сплавов, в том числе и различных марок латуней, всегда актуальным остается вопрос вовлечения в производственный оборот образующихся на том или ином переделе отходов в виде сыпучей стружки и опилок. Чем мельче стружка, тем технически труднее, энергетически затратнее и, как следствие этого, экономически невыгодно перерабатывать ее через применяемый в настоящее время правильный передел. Это обусловлено рядом причин, одна из которых связана с тем, что при загрузке такого рода отходов в плавильную ванну в свободнозасыпанном виде часть металла просто сгорает, часть переходит в шлак, в результате чего выход годного будет относительно невысоким.

Альтернативой традиционному способу переработки сортных стружечных сыпучих отходов может служить подход, основанный на комбинировании приемов порошковой металлургии и традиционных процессов обработки давлением. При реализации его, естественно, должны обязательно учитываться два аспекта. Первый из них связан с удовлетворением качественных характеристик получаемых из стружки изделий требованиям потенциальных потребителей продукции, основанных на соблюдении соответствующих технических условий или других регламентирующих документов. Другой заключается в снижении трудоемкости изготовления из-

делий из стружки за счет перехода от традиционного способа её переработки к предлагаемому, и, как следствие этого, снижение себестоимости произведенной продукции.

В работе анализировался только первый из упомянутых выше аспектов, для рассмотрения которого были выбраны стружковые отходы трех марок латуни Л90, Л63 и ЛС59-1. Учитывая, что на предприятиях, где она образуется, сбор стружки организован достаточно четко, а при обработке резанием какие-то специальные смазывающе-охлаждающие жидкости не используются, предварительная обработка стружки, заключающаяся в проведении различного рода трудоемких операций, типа сортировки, сепарации, измельчения, промывки и др., не производить.

Задача в работе – изучить влияния типа исходной стружки, взятой от одного материала, на характер формоизменения, а также формирования структуры и свойств получаемых горячей экструзией прутков и провести сравнение их с теми же характеристиками прутков, изготовленных их литой заготовки. Основанием для выводов должны были служить результаты металлографических исследований и механических испытаний на твердость образцов прутков, полученных по следующей общей схеме.

1. Горячее брикетирование стружки при температуре нагрева прессформы 450°С, давлении брикетирования 200 МПа, времени выдержки под давлением 5 мин.

2. Нагрев брикета до температуры горячей обработки в отдельно стоящей печи, перенос и помещение его в смонтированную на столе вертикального гидравлического пресса инструментальную оснастку, нагретую до температуры 450 °С.

3. Горячая экструзия прямым методом через коническую матрицу с определенным коэффициентом выплавки и смазкой контактных поверхностей смесью на основе графита.

Горячей экструзией получали прутки диаметром 12 мм (коэффициент вытяжки μ при этом составлял $\mu = \frac{F_{\text{кон}}}{F_{\text{изд}}} = \frac{D_{\text{кон}}^2}{D_{\text{изд}}^2} \approx 14$), 8 мм ($\mu = 32$) и 6 мм ($\mu = 56$).

Ход экспериментов показал, что независимо от того, из какой стружки получены прутки и с каким коэффициентом вытяжки, все они могут экструдироваться по описанному выше технологическому режиму достаточно устойчиво. Усилие экструдирования, максимальное значение которого в экспериментах составило 900 кН, контролировали по манометру пресса, регулируя скорость перемещения верхней плиты расходом рабочей жидкости. Для фиксирования и поддержания необходимых температур рабочего пространства печей при нагреве прессовок и инструмента использовали соответствующие термомпары и КСП-4.

После экструзии из полученных прутков, на расстоянии не ближе, чем 50 мм переднего конца, отбирались образцы длиной порядка 15...20 мм, на которых изучалась микроструктура в продольном и поперечных направлениях, а также показатели твердости материала. Для изучения микроструктуры использовали микроскоп Neophot-32. Твердость образцов определяли на универсальном твердомере М4U 63, позволяющем переводить полученные значения в различные числа твердости, например по Бринеллю НВ или по Роквеллу НRV.

При этом в ходе выполнения работы акцент был сделан на изучении некоторых аспектов, касающихся в частности:

1. Оценки влияния типа исходной стружки на структурообразование и свойства пресс-изделий при фиксированной форме поперечного сечения и коэффициента вытяжки.

2. Роли степени деформации (коэффициента вытяжки) в формировании структуры и свойств пресс-изделий.

Проведенные металлографические исследования и механические испытания образцов продукции выявили некоторые отличительные особенности их структуры и свойств при общем соответствии указанных показателей требованиям потенциальных потребителей.

Сделан вывод, что реализовать на практике разработанные и опробованные на том или ином уровне технологии изготовления различного рода металлопродукции из сортовых сыпучих стружковых отходов цветных металлов и сплавов можно лишь после детальной оценки эксплуатационных характеристик произведенной продукции при условии формирования четкой связи «производитель стружки-переработчик ее-потребитель продукции из нее».

УДК 621.74

ИССЛЕДОВАНИЕ СМАЧИВАЕМОСТИ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ РАЗЛИЧНЫМИ ЖИДКОСТЯМИ

А.И. Безруких, С.И. Лыткина, Д.Ю. Веснин, О.А. Деренуца

Научные руководители Л.И. Мамина, Т.Р. Гильманшина,

В.Н. Баранов

Сибирский федеральный университет

В различных технологических процессах плавки сплавов и получения отливок имеют место явления, происходящие на границах раздела жидких сплавов со шлаками, с газовой фазой и вакуумом, поверхностями песчаных и металлических форм и т. п. Поверхностные явления оказывают

большое воздействие на качество выплавляемых сплавов, процессы кристаллизации и формирование кристаллической структуры, обуславливают химическую неоднородность отливок, влияют на заполняемость форм, особенно для тонкостенных отливок, качество поверхности отливок и другие стороны литейного процесса.

Из противопригарных материалов, разлагающихся при высоких температурах с выделением газов CO и CO₂ и создающих в форме для чугуна литья восстановительную атмосферу, широкое применение нашли различные углеродсодержащие материалы: графит скрытокристаллический, уголь каменный и другие.

Поэтому целью данной работы являлось изучение смачиваемости углеродсодержащих материалов различными жидкостями.

Для исследований выбраны природные углеродсодержащие материалы (бурый уголь Канско-Ачинского бассейна) и углеродсодержащие отходы предприятий Сибирского региона (отработанная футеровка и огарки).

Уголь поставляли в кусках и перед применением дробили до фракции 0,315 мм. Дробленый уголь делили на фракции +0,315 и –0,315 мм, затем активировали.

Огарки обожженных анодов и футеровка брали в виде порошка согласно ТУ 1914-35-05785218-94 «Огарки обожженных анодов» и ТУ 1914-079-05785218-2000 «Угольная футеровка», соответственно.

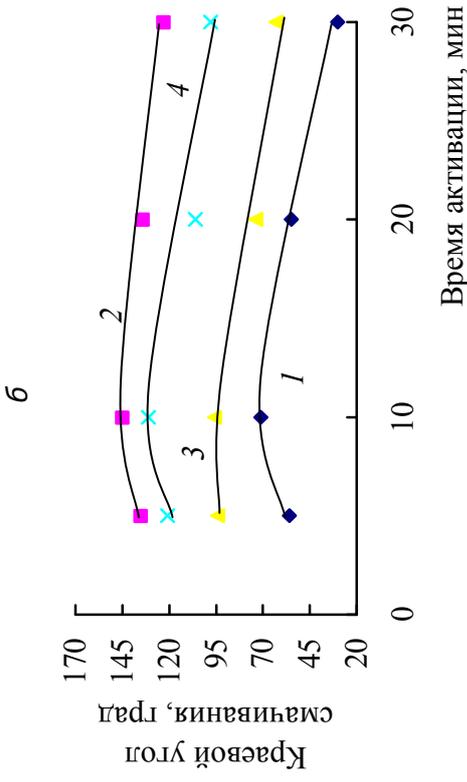
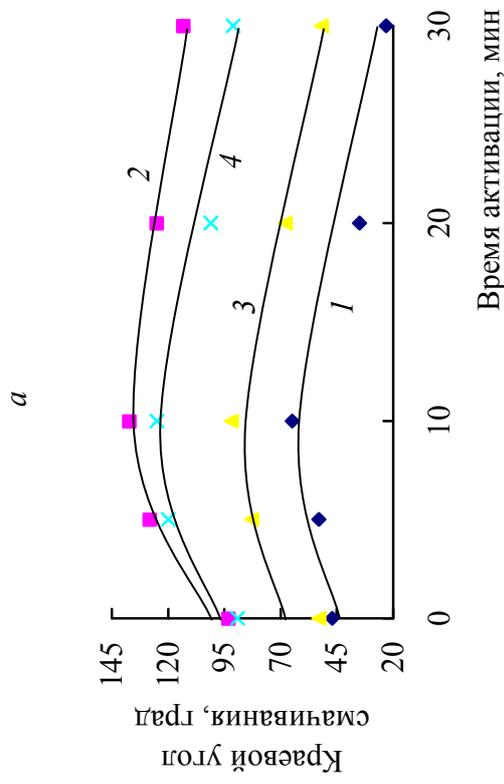
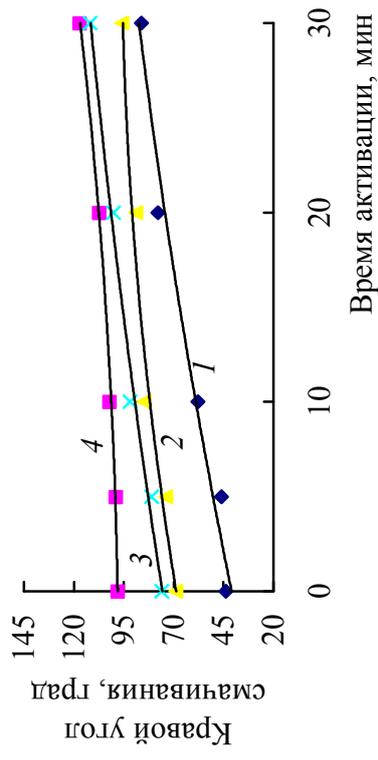
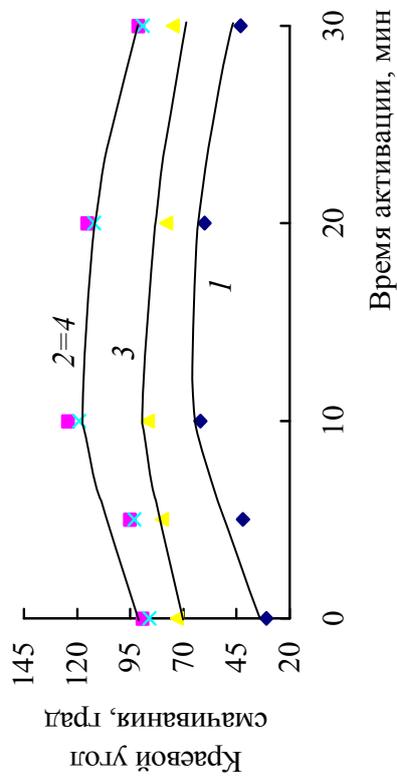
Для активации материалов использовали планетарно-центробежную мельницу АГО-2; время варьировали от 5 до 30 мин.

В качестве жидкой фазы использовали жидкости, получившие наибольшее применение в литейном производстве: этиловый спирт и вода – растворители для формовочных смесей и покрытий; глицерин – как аналог жидких сплавов; растительное масло, используемое в составах комбинированных связующих и антифрикционных составах.

Влияние времени активации на краевой угол смачивания и работу адгезии показано на рис. 1-2.

Из полученных результатов видно, для угля 0,315 мм и угля +0,315 мм зависимость изменения основных коэффициентов смачивания одинакова. С увеличением времени активации до 10 мин краевой угол смачивания и коэффициент растекания увеличиваются, дальнейшее время активации приводит к уменьшению этих показателей. Работа адгезии уменьшается.

При исследовании смачиваемости футеровки наблюдается аналогичная зависимость: при увеличении времени активации до 10 мин краевой угол смачивания и, соответственно, уменьшаются работа адгезии. Дальнейшее увеличение времени активации до 30 мин приводит к снижению значений краевого угла смачивания и увеличению работы адгезии, что свидетельствует о снижении активности частиц материала.

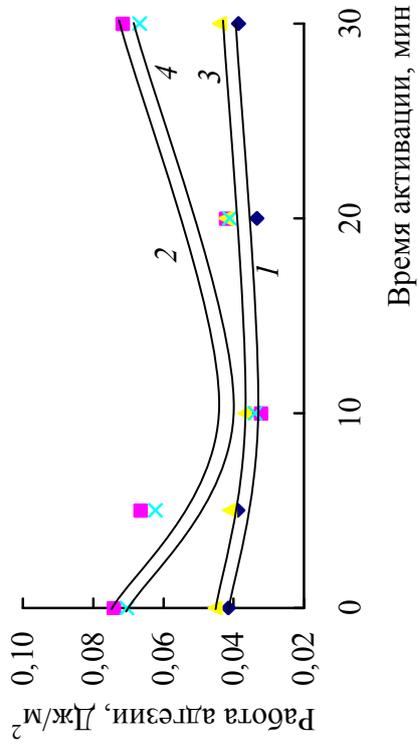


в

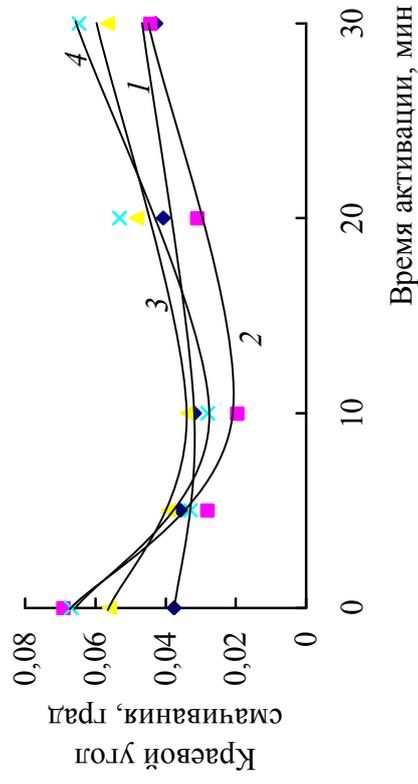
г

Рис. 1. Смачиваемость углеродсодержащих материалов:

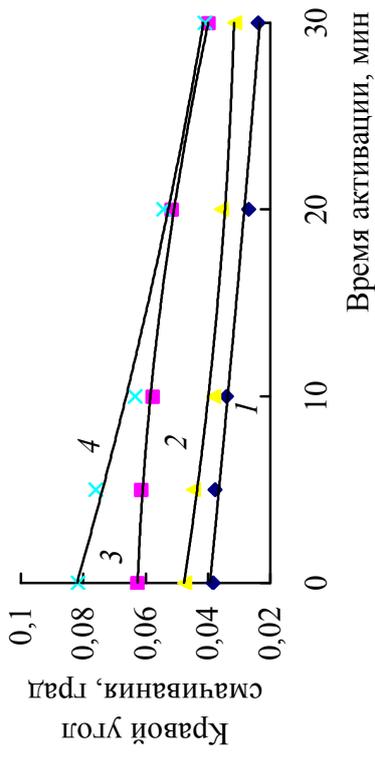
1 – спирт; 2 – вода; 3 – масло; 4 – глицерин; а – футеровка; б – уголь фракции $-0,315$ мм; в – уголь фракции $+0,315$ мм



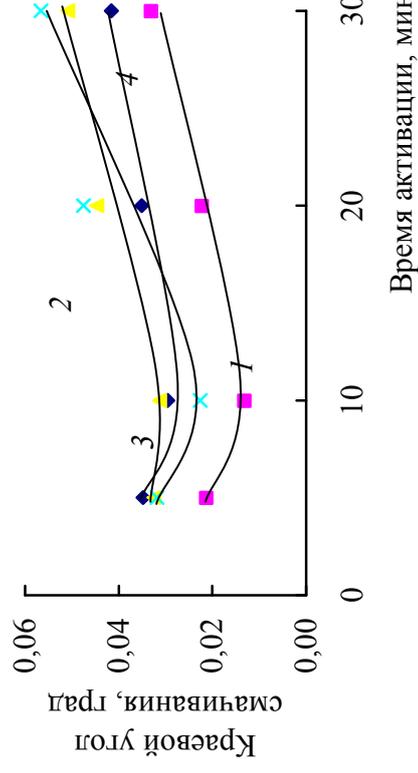
а



б



в



г

Рис. 2. Работа адгезии углеродсодержащих материалов:

1 – спирт; 2 – вода; 3 – масло; 4 – глицерин; а – футеровка; б – уголь фракции $-0,315$ мм; в – уголь фракции $+0,315$ мм

С увеличением времени активации огарков до 30 мин краевой угол смачивания и коэффициент растекания увеличиваются, работа адгезии и относительная работа адгезии уменьшаются.

В явлении смачивания немалую роль играет структура поверхности образца. Шероховатый, бугристый или пористый рельеф может ухудшить смачивание подложки жидкостью. Отсюда следует, что микрошероховатость поверхности твердой фазы обеспечивает уменьшение диаметра капилляров (пор, раковин, трещин) и увеличение капиллярных сил, которые будут препятствовать «пропитке» частиц жидкостью, снижать адгезию на их границе и способствовать быстрому и свободному распределению твердой фазы в жидкой.

С другой стороны, в ходе активации будет наблюдаться увеличение дефектов в структуре материала, что будет способствовать более глубокому проникновению связующего материала в его поры и, следовательно, возникновению стабильных и высоких сил сцепления системы «связующее–огнеупорный наполнитель».

Увеличение краевого угла смачивания свидетельствуют о том, что поверхностная энергия частиц на поверхности образца препятствует растеканию капли, в результате чего работа адгезии уменьшаются.

Уменьшение краевого угла смачивания свидетельствует о снижении энергии на поверхности образца, т. е. о снижении энергии на поверхности частиц.

Таким образом, по изменению краевого угла смачиваемости можно судить о том, что наиболее оптимальным временем активации угля и футеровки является 10 мин, для огарков – 30 мин. При этом частицы материалов достигают максимальной активности.

УДК 65.011.56:621.771:621.778:669.2/8

АНАЛИЗ И АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ДЕФОРМАЦИОННЫХ РЕЖИМОВ ХОЛОДНОЙ ЛИСТОВОЙ ПРОКАТКИ И ВОЛОЧЕНИЯ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ И ИХ СПЛАВОВ

Ю.Д. Гайлис

Научный руководитель С.Б. Сидельников

Сибирский федеральный университет

Благородные металлы и их сплавы широко используются в настоящее время при изготовлении ювелирных изделий. Ювелирный рынок в России начал активно развиваться в последние 10-15 лет, поэтому сейчас наблюдается его стабилизация. Кроме того, наметилась тенденция к расширению ассортимента продукции, ее дизайна, поиску новых материалов и их комбинации.

Основными полуфабрикатами в ювелирном производстве являются прутки для сортовой прокатки и дальнейшего волочения, ленты и полосы для листовой прокатки и последующей штамповки из благородных металлов и их сплавов. При изготовлении ювелирных изделий золото в чистом виде используют редко. В качестве легирующих металлов в различных ювелирных сплавах чаще всего используются такие драгоценные металлы как серебро, платина, палладий, иридий и родий, а также медь, никель, кадмий и цинк. Сейчас широкое применение получают новые сплавы белого и красного золота, обладающие повышенными эксплуатационными характеристиками и имеющие более низкую стоимость при изготовлении из них готовых изделий.

Учеными кафедры обработки металлов давлением Института цветных металлов и материаловедения Сибирского федерального университета (ИЦМиМ СФУ) в 2008-2010 гг. были разработаны новые составы лигатур и сплавы белого и красного цвета на основе золота. На составы этих сплавов были получены патенты на изобретение.

Существующие методики расчета технологических режимов волочения, листовой и сортовой прокатки цветных и черных металлов требуют продолжительного времени на их выполнение, кроме того возникают трудности с обработкой экспериментальных данных, существует также значительная вероятность ошибки в связи с неточным определением реологических характеристик сплавов.

Для автоматизации процессов расчета деформационных режимов обработки металлов давлением необходимо использовать имеющиеся алгоритмы и программы для ЭВМ. Однако, как показал анализ научно-технической литературы, такие разработки, как правило, имеют узкую область применения, лишены общедоступности. С этим также связан недостаток данных в литературных источниках, в которых приводилась бы информация о подобных алгоритмах и программах. Ситуация объясняется относительно недавним возникновением направления автоматизации таких расчетов, быстрым расширением ее возможностей, но вместе с тем ограниченностью областей использования данных программ. Кроме того, существующие программы имеют ряд недостатков, сужающих область их применения.

Разработка новых средств автоматизации расчета технологических параметров прокатки и волочения ведется с учетом этих факторов, при этом существует необходимость создания программного обеспечения, позволяющего, не прибегая к справочным данным, проводить расчет многооперационных режимов деформации металла. Таким образом, целесообразно создание унифицированного программного обеспечения для анализа и оптимизации расчета параметров процессов обработки давлением, особенно для тех сплавов, информация по свойствам которых отсутствует в литературе.

В связи с этим в данной работе была создана программа расчетов деформационных режимов холодной листовой прокатки и волочения благородных металлов и сплавов с использованием данных по их свойствам, полученным в результате проведенных ранее научных исследований на ОАО «Красноярский завод цветных металлов». С ее помощью значительно сокращается время, затрачиваемое на расчет, упрощается анализ результатов, повышается их точность.

В разработанной программе используются методики определения технологических режимов прокатки и напряжений волочения, кинематических характеристик и коэффициентов запаса, разработанные учеными кафедры обработки металлов давлением ИЦМиМ СФУ. Алгоритм программы включает в себя ввод исходных данных, расчет режимов обжатий по проходам, определение энергосиловых параметров прокатки, при этом при прокатке расчет ведется в соответствии с методикой, учитывающей упругое сплющивание валков. Определение параметров волочения производится с учетом изменения напряжения текучести и временного сопротивления разрыву при увеличении суммарной деформации для заданных сплавов.

Программа разделена на два блока: «Листовая прокатка» и «Волочение». В первом – в качестве исходных данных пользователем задаются следующие параметры: начальная толщина заготовки и ее ширина, конечная толщина проката, средняя вытяжка по проходам, технические и геометрические характеристики оборудования (прокатного стана). Программа позволяет определить обжатия по проходам, степени деформации и рассчитать усилие прокатки с учетом ограничений (рис. 1). В блоке «Волочение» в качестве исходных данных задаются: диаметр заготовки, конечный диаметр прутка, средняя вытяжка по проходам. Результаты расчетов для анализа выводятся в виде таблицы на экран монитора.

В качестве механических характеристик прокатываемых металлов и сплавов необходимо задать значения временного сопротивления разрыву, изменяющиеся в зависимости от степени деформации в единичном проходе. В работе была проведена аппроксимация имеющихся экспериментальных зависимостей сопротивления деформации и напряжений текучести металла от степени деформации для различных сплавов цветных и благородных металлов, а полученные формулы введены в программу. Это сократило количество исходных данных, снизило погрешность в определении энергосиловых параметров прокатки. При этом имеется возможность внесения новых данных по реологическим характеристикам металлов и сплавов и информации об оборудовании в базу данных программы.

В качестве примера продемонстрируем результаты расчета параметров волочения проволоки из нового сплава золота 585 пробы, модифицированного рутением. Диаметр готовой проволоки 0,25 мм, приведенный диаметр заготовки – 1,24 мм. Деформация осуществляется на машине де-

сятикратного волочения со скольжением модели 10NFS COMEVI. Расчетная величина суммарной степени деформации составила $\Lambda_{\Sigma} = 24,65$, а средняя вытяжка – $\bar{\lambda} = 1,38$.

	Высота, мм	Вытяжка	Степень деформации, %	Сопротивление деформации, МПа	Усилие прокатки, МН	Допустимое усилие, МН
1	0,866	1,5	33,33	265,13	0,05	3
2	0,589	1,46	54,68	418,73	0,07	3
3	0,406	1,44	68,75	412,02	0,05	3
4	0,29	1,39	77,69	363,58	0,04	3
5	0,219	1,32	83,1	315,69	0,02	3

Рис. 1. Окно программы для расчета режимов холодной листовой прокатки

Для расчета в блоке исходных данных задаются вышеперечисленные параметры, и при нажатии кнопки «ОК» программа автоматически определяет суммарную вытяжку и количество проходов, открывая соответствующее число ячеек для ввода единичных вытяжек. В последнем проходе коэффициент вытяжки пересчитывается автоматически из условия, что суммарная вытяжка является произведением вытяжек по проходам. В разворачивающемся списке выбирается сплав. Далее нажимается кнопка «Расчет», и программа проводит определение технологических параметров прокатки. Полученные результаты формируются в таблицу, где по проходам указаны расчетные характеристики процесса волочения (рис. 2).

Результаты расчетов выводятся на печать в виде графиков зависимости степени деформации, напряжения волочения, усилия волочения (рис. 3,а) и коэффициента запаса (рис. 3, б) от номера прохода.

Значение результатов работы состоит в следующем: сокращается время расчетов, повышается их точность, открывается возможность работы с широким рядом сплавов, в том числе новых, и возможность оптимизации режимов расчета комплекса производственных процессов. Данная программа используется в учебном процессе (курсовом и дипломном проектировании) при подготовке инженеров по специальности 150106 «Обработка металлов давлением».

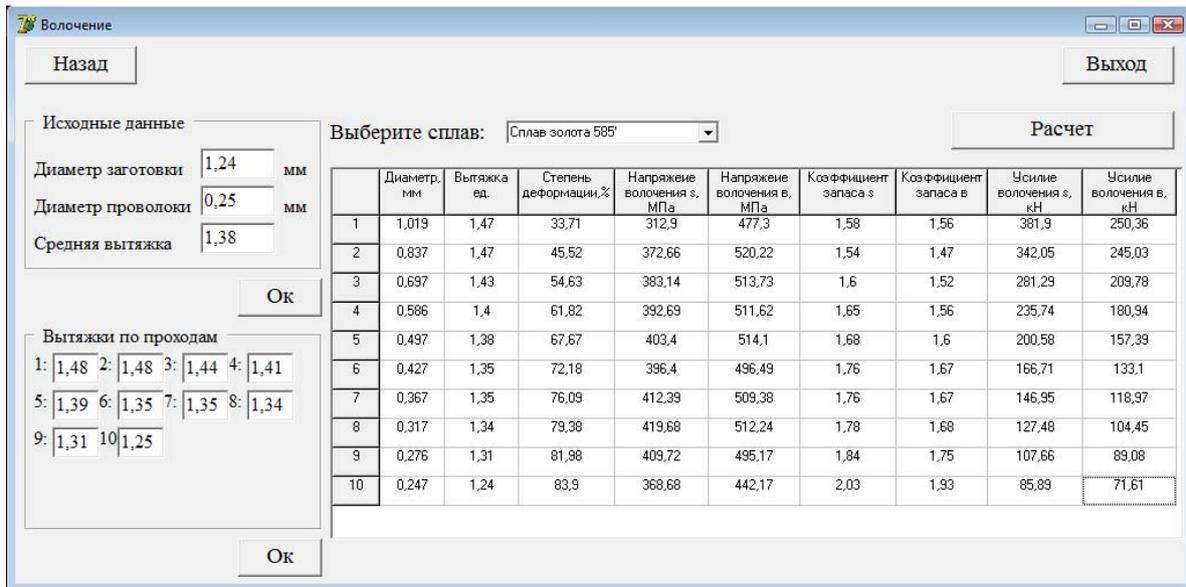
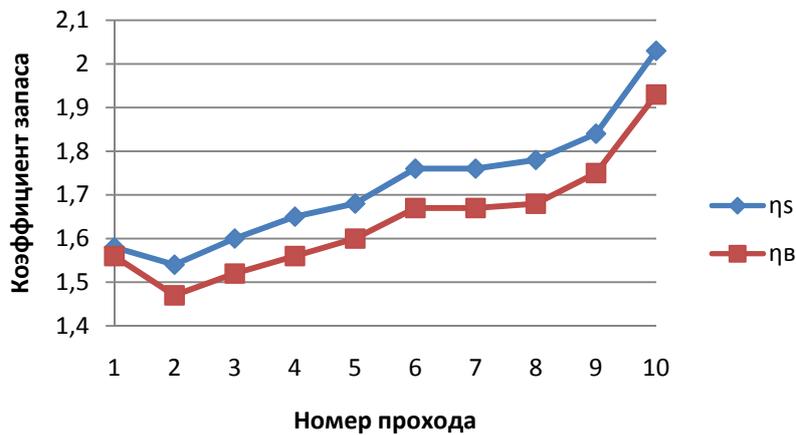
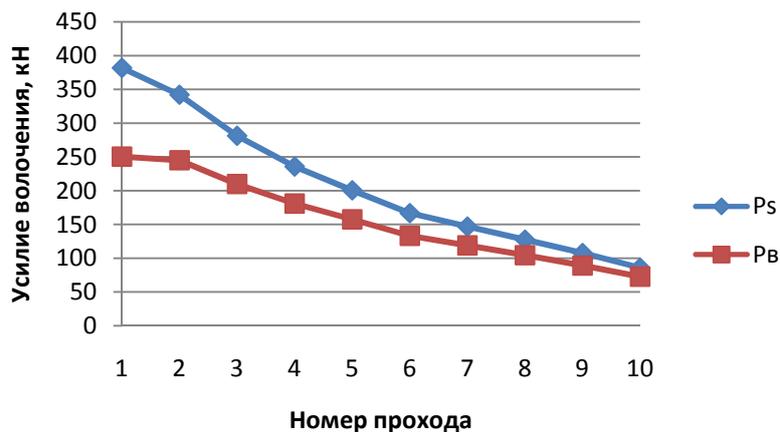


Рис. 2. Окно программы расчета режимов волочения



а



б

Рис. 3. Изменение коэффициента запаса (а) и усилия по проходам (б) волочения проволоки из сплава золота 585 пробы

В настоящий момент ведется разработка блока программы, позволяющего проводить расчет режимов обжатия и энергосиловых параметров холодной сортовой прокатки в системе калибров, близкой к схеме «ромб-квадрат», аналогичной той, что применяется на ОАО "Красцветмет" на станах «BILER 8 teste INVIMES» и “Famor TL 12T”. Это связано с тем, что тогда программный комплекс будет включать все процедуры расчета технологических режимов холодной обработки ювелирных сплавов.

УДК 62.50

РАЗРАБОТКА ВЕРХНЕГО УРОВНЯ АСУ ТП ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД АФФИНАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

О.Э. Копылевич

Научный руководитель В.А. Осипова

Сибирский федеральный университет

Современные технологические и химические процессы обладают высокой вредностью и агрессивностью по отношению к окружающей среде. Процесс аффинажа является одним из них, так как во время процесса используются кислоты, в том числе и HCl. Вследствие него чего отходы производства не соответствуют экологическим нормам. Следовательно, для повышения надежности и безопасности, в связи с токсичностью данного производства, необходима автоматизация процесса очистки сточных вод аффинажного производства.

Целью автоматизации является снижение объема ручного труда, обеспечение стабильности характеристик технологического процесса, непрерывного наблюдения, анализа и управления параметрами технологического процесса человеком. Реализацию этого процесса можно осуществить формированием автоматизированной системы.

Многоуровневость заключается в многоступенчатой организации процесса, где каждая ступень управления имеет свои объекты и цели. Наличие нескольких уровней обуславливается сложностью систем управления.

В качестве примера представлена 3-х уровневая структура автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП) очистки сточных вод в пульсационной колонне (рис. 1).

Нижний уровень (уровень объекта) включает в себя различные датчики для сбора информации, электроприводы и исполнительные устройства для реализации регулирующих и управляющих воздействий. Датчики

поставляют информацию локальным контроллерам, которые осуществляют следующие функции:

- сбор, первичная обработка, хранение информации о состоянии оборудования и параметрах технологического процесса;
- автоматическое управление и регулирование;
- выполнение команд с пункта управления;
- самодиагностика работы программного обеспечения и контроллера;
- обмен информацией с пунктами управления.

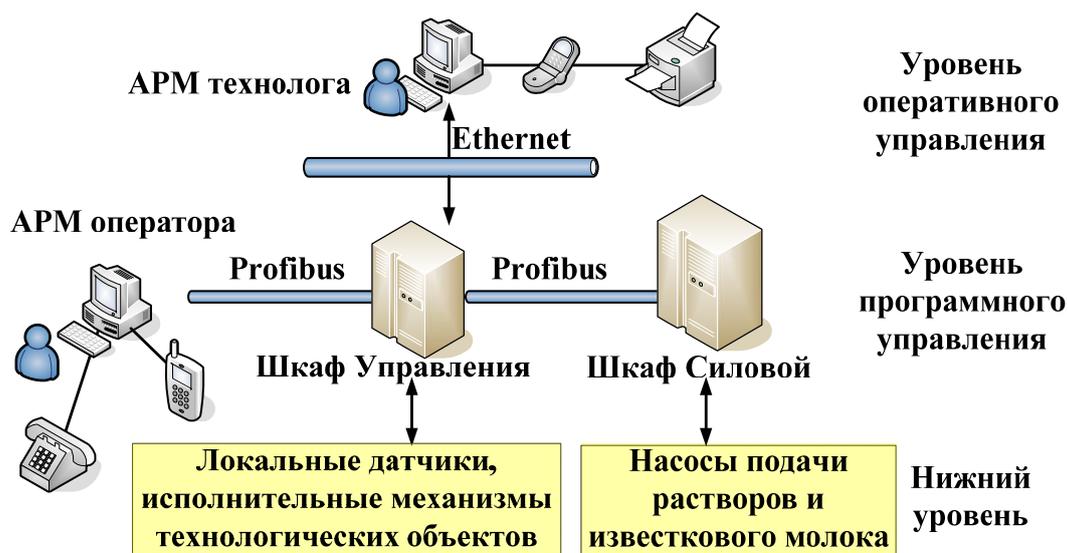


Рис. 1. Структура АСУ ТП очистки сточных вод пульсационной колонны

Верхний уровень (диспетчерский пункт) включает одну или несколько станций управления – автоматизированное рабочее место (АРМ) диспетчера, оператора, технолога. Здесь могут быть установлены устройства вывода информации о ходе технологического процесса, работе оборудования – монитор, дисплей, принтер и др.

Автоматизированным рабочим местом называют комплекс средств вычислительной техники и программного обеспечения, который располагается на рабочем месте сотрудника и предназначен для автоматизации его работы.

Автоматизированные рабочие места создаются строго в соответствии с их функциональным назначением. Однако общие принципы создания АРМ операторов технологических процессов остаются неизменными, к ним относят: системность, гибкость, устойчивость, эффективность.

Основные функции АРМ оператора: контроль технологических параметров; звуковая и световая сигнализация; управление регуляторами, клапанами, исполнительными механизмами; противоаварийная защита; запоминание предыстории параметров в форме трендов; расчёт обобщённых показателей качества.

АРМ объединяет программно-аппаратные средства, обеспечивающие взаимодействие человека с компьютером, предоставляет возможность ввода информации (через клавиатуру, компьютерную мышь, сканер и пр.) и её вывод на экран монитора, принтер, графопостроитель, звуковую карту — динамики или иные устройства вывода. Как правило, АРМ является частью АСУ.

Автором разработано автоматизированное рабочее место оператора и технолога АСУ ТП очистки сточных вод аффинажного производства в пульсационной колонне (рис. 2).

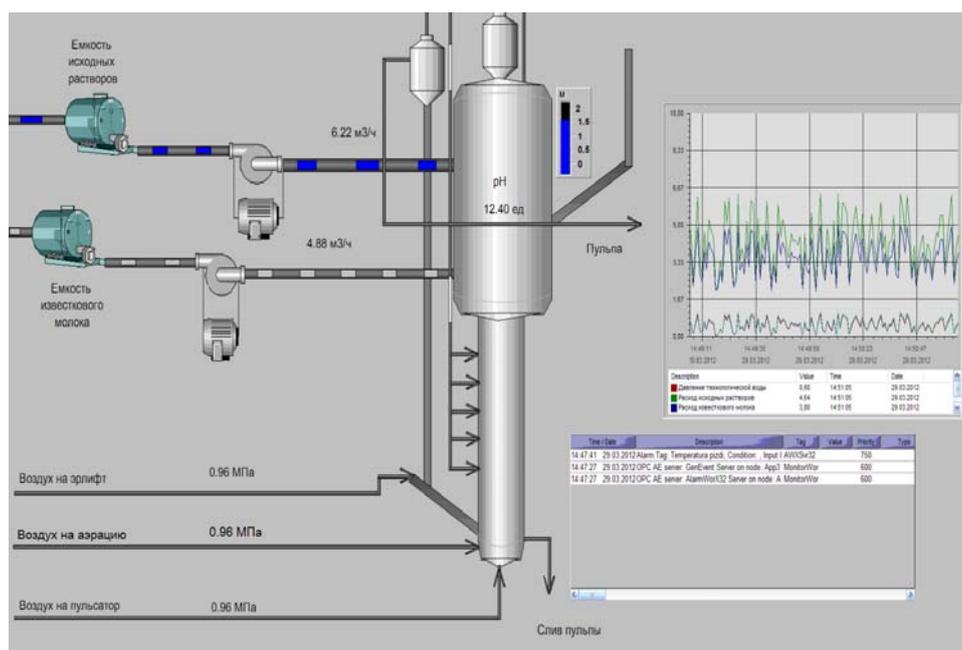


Рис. 2. Мнемосхема АРМ оператора

Разработанное АРМ (верхний уровень АСУ ТП) представляет собой систему взаимосвязанных компонентов. Имеется возможность модернизации программного обеспечения и технических средств АРМ, наращивания новых компонентов. АРМ выполняет заданные функции независимо от воздействия внутренних и внешних факторов. И, что не мало важно, затраты на создание и эксплуатацию системы не превышают экономическую выгоду от ее реализации.

Для разработки (проектирования) верхнего уровня АСУ ТП и его функционирования в реальном времени служат SCADA-системы.

SCADA-системы (Supervisor Control And Data Acquisition) – это системы оперативного диспетчерского управления и сбора данных. Или, другими словами, SCADA – это процесс сбора информации реального времени с удаленных точек для обработки, анализа и управления удаленными объектами.

SCADA-системы обладают рядом особенностей:

- процесс SCADA применяется в системах, где обязательно наличие человека (диспетчера);
- процесс SCADA был разработан для систем, в которых любое неправильное воздействие может привести к отказу (потере) объекта управления или даже катастрофическим последствиям;
- оператор несет, как правило, общую ответственность за управление системой, которая, при нормальных условиях, только изредка требует подстройки параметров для достижения оптимальной производительности;
- активное участие оператора в процессе управления происходит нечасто и в непредсказуемые моменты времени, обычно в случае наступления критических событий (отказы, нештатные ситуации и пр.);
- действия оператора в критических ситуациях могут быть жестко ограничены по времени (несколькими минутами или даже секундами).

В настоящее время на рынке программного обеспечения систем промышленной автоматизации имеется большое число разнообразных SCADA-пакетов отечественных и зарубежных производителей. К числу наиболее часто используемых в мировой и отечественной практике относятся SCADA-системы: Citect, GENESIS-32, In Touch, SIMATIC WinCC, TRACE MODE, MasterSCADA, КРУГ-2000 и др.

Данные программы созданы для операторов, технологов, не обладающих углублёнными знаниями программирования. Для разработки мнемосхем в SCADA-системах главными являются знания технологии процесса и технологического оборудования, знание параметров, которыми характеризуется процесс, химизм процесса.

Система очистки сточных вод в пульсационной колонне разработана в программном продукте GENESIS-32.

GENESIS-32 фирмы ICONICS является одной из эффективных SCADA-систем. Мнемосхема разработана с использованием следующих базовых инструментальных приложений: GraphWorX32, TrendWorX32, AlarmWorX32, DataWorX32.

AlarmWorX32 – это подсистема обнаружения, идентификации, сортировки аварийных (алармовых) и других событий, которые связаны с контролируемым технологическим процессом. Она обеспечивает оповещение оперативного персонала, регистрацию информации об аварийных событиях, формирование отчётов (рис. 3).

Time / Date	Description	Tag	Value	Priority	Type	User	Quality
23:00:20 3.5.2006	Velmi velká odchylka	Tlak	35	650	HIGH		Good - Non-S
23:00:20 3.5.2006	Normální podmínky	Teplota	62	400	LO		Good - Non-S
23:00:16 3.5.2006	Normální podmínky	Tlak	16	300	LO		Good - Non-S
23:00:15 3.5.2006	Belt1 on the Box Line is slow	Box Line	72	400	LO		Good - Non-S
23:00:13 3.5.2006	Příliš vysoká rychlost změn	Teplota	84	500	Rate of Change		Good - Non-S
23:00:08 3.5.2006	Coolant level is low Possible leak?	Coolant Level	85	600	LO		Good - Non-S

Рис. 3. Окно тревог (алармов)

GraphWorX32 содержит средства разработки и просмотра графических схем автоматизированных рабочих мест оператора АСУ ТП. С помощью GraphWorX32 отображается реальный технологический процесс или объект как в статическом, так и динамическом режиме (рис. 4).

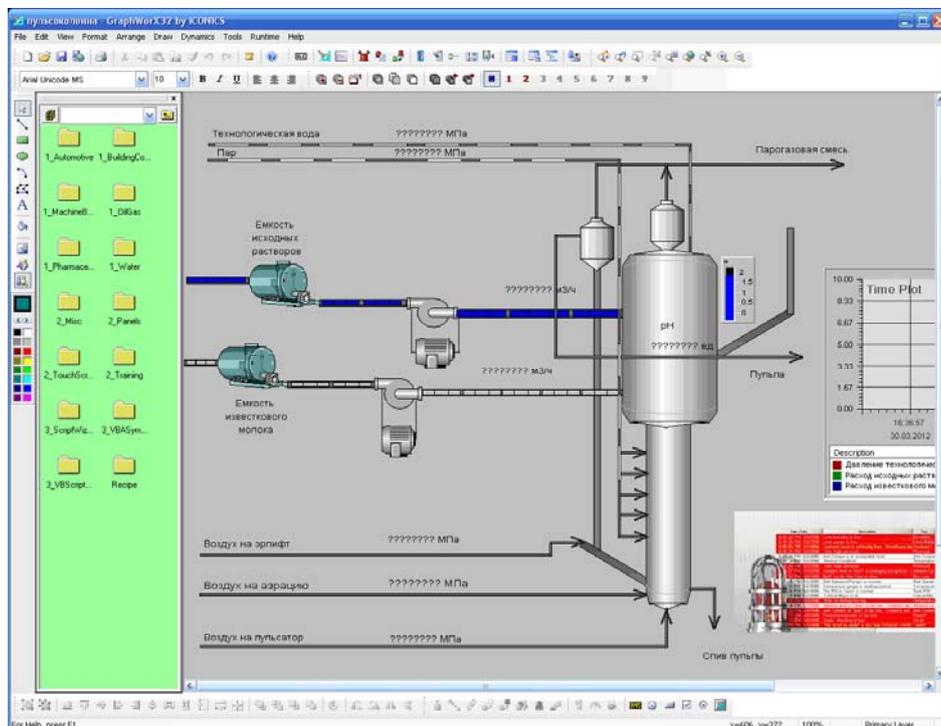


Рис. 4. Окно создания технологического объекта GraphWorX32

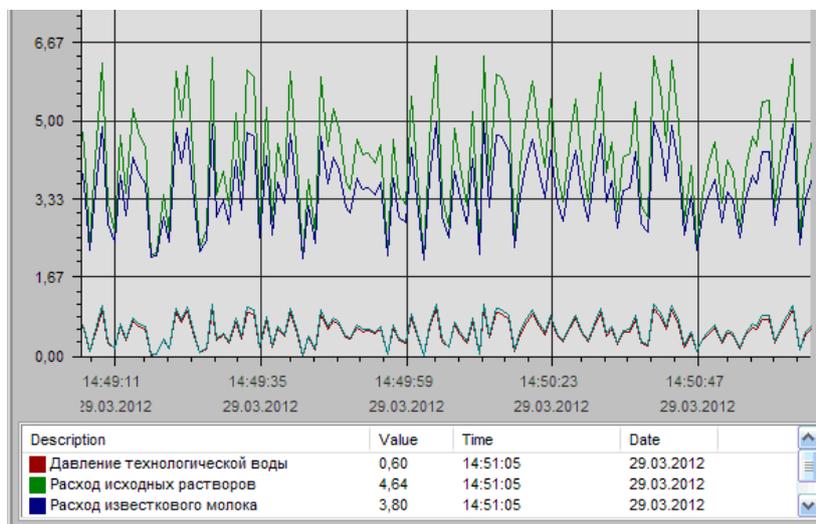


Рис. 5. Окно трендов

Продукт TrendWorX32 обеспечивает архивирование информации в базе данных с возможностью её последующего извлечения и представления в виде отчётов или графиков. С помощью этого приложения выполне-

но графическое представление изменения во времени контролируемых параметров АСУ ТП очистки сточных вод (рис. 5).

Автоматизация производства позволяет повысить качество и снизить себестоимость продукции. Она требует значительных затрат сил, времени и финансов, но при рациональном подходе и современных и целесообразных решениях позволяет добиться значительного экономического эффекта. Среди несомненных достоинств рассмотренной АСУ ТП следует отметить открытость данной системы, что позволяет изменять и расширять её возможности.

УДК 669.14.018

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЛИТЬЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СПЛАВА АК7пч

Н.В. Окладникова, Т.А. Толмачева, А.Г. Романова
Научный руководитель Т.Н. Дроздова
Сибирский федеральный университет

Производство автомобильных колес с высокими механическими свойствами является технологически сложной производственной задачей. На механические свойства фасонных отливок значительное влияние оказывает технологические параметры литья и термообработки, которые влияют на микроструктуру сплава и внутренние дефекты.

В данной работе проводилось исследование влияния параметров литья на качество автомобильных колес из сплава АК7пч. Исследование заключалось в оценке макро- и микроструктуры колес в исходном состоянии и после термической обработки. Проводился анализ механических свойств исследуемых партий колес после термической обработки.

В работе исследовались 12 партий колес двух моделей, отлитых при различных параметрах: незначительно изменяли давление и время заполнения металлоподающей трубы; давление и время заполнения пресс-формы металлом; давление и время выхода на поддавливание; температуру расплава. В колесах существенно меняли режимы охлаждения пресс-формы, которые характеризуются временем подачи воздуха и задержки, осуществляли охлаждение различных зон матрицы, пуансона и раскатателя.

Макроструктурный анализ проводился для выявления дефектов литья и термообработки. Макроструктуру исследовали в разных зонах сечения колеса: обод, хамп, внутренняя бортовая закраина, внешняя бортовая закраина, R переход спица-обод, спица, ступица (рис. 1).

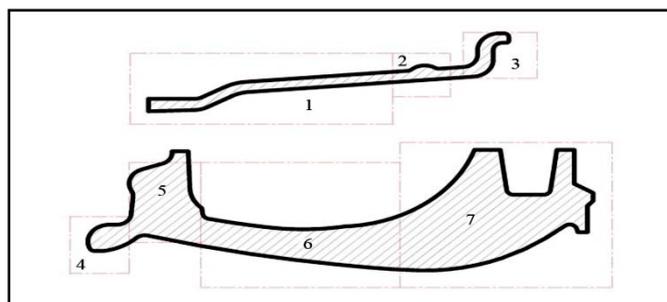


Рис. 1. Зоны сечения колеса:

1 – обод; 2 – хамп; 3 – внутренняя бортовая закраина; 4 – внешняя бортовая закраина; 5 – R переход спица-обод; 6 – спица; 7 – ступица

При исследовании макроструктуры по сечению автомобильных колес в литом и термообработанном состояниях обнаружена газо-усадочная пористость. Исследованию пористости колес после литья подвергали следующие зоны: обод, внешняя бортовая закраина, R переход спица-обод, спица.

На макроструктуре колес (рис. 2) модели 1 в литом состоянии первичная пористость меняется от 0 до 1 %, в модели 2 пористость не превышает 0,2 %. Анализ пористости в различных зонах колес модели 1 и 2 в литом состоянии показал, что минимальная пористость в зонах обода и во внешней бортовой закраине. Наиболее грубая пористость наблюдается в более массивной зоне R перехода спица-обод.

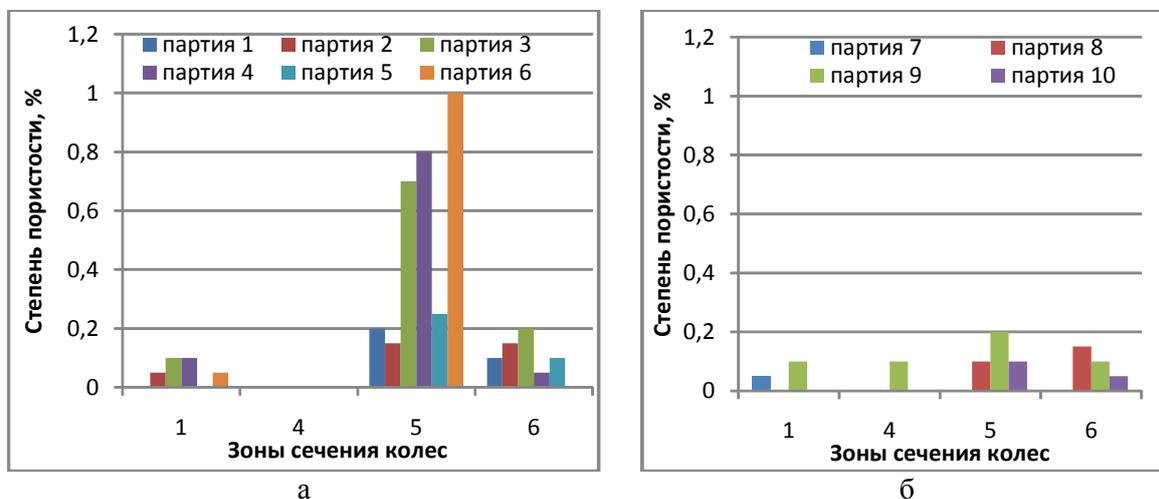


Рис. 2. Степень пористости по сечению колес в литом состоянии, изготовленных по разным параметрам литья: а – модель 1; б – модель 2.

Зоны сечения: 1 – обод; 4 – внешняя бортовая закраина; 5 – R переход спица-обод; 6 – спица.

После термической обработки пористость увеличивается в результате появления дополнительной вторичной пористости. По результатам анализа пористости автомобильных колес можно убедиться, что минимальная

пористость наблюдается во второй модели. Это можно объяснить более высокими скоростными режимами охлаждения зон данной модели, т. е. была дольше подача воздуха и короче задержка. Самой проблемной зоной, в которой наблюдается повышенный процент пористости, является зона R перехода спица-обод.

Исследование микроструктуры колес разных партий после термической обработки показало, что она состоит из дендритов алюминиевого твердого раствора и эвтектики Al-Si. Различий в структуре исследуемых партий не наблюдается. Максимальный размер дендритной ячейки наблюдается в зоне ступицы, минимальный в зоне обода.

Механические свойства определялись на термообработанных образцах. Испытаниям подвергались разные по сечениям зоны: спица, ступица, внутренняя бортовая закраина (рис. 3).

Результаты испытаний модели 1 и 2 показали, что во внутренней закраине обода колес наблюдаются наиболее высокие значения прочностных и пластических характеристик. Низкие свойства были выявлены в массивной ступичной части колес.

Выводы по работе.

1. В макроструктуре исследуемых автомобильных колес в литом и термообработанном состояниях обнаружена усадочная пористость. После термической обработки пористость выше. Максимальная пористость наблюдается в зоне R перехода между спицей и ступицей.

2. Исследование автомобильных колес, отлитых по различным параметрам литья, показало, что модель 2, отлитая при более высоких скоростных режимах охлаждения, имеет минимальную пористость.

3. Уровень и стабильность механических свойств колес в термообработанном состоянии выше в модели 2, что связано с более высокими скоростными режимами охлаждения отливки и минимальной пористостью.

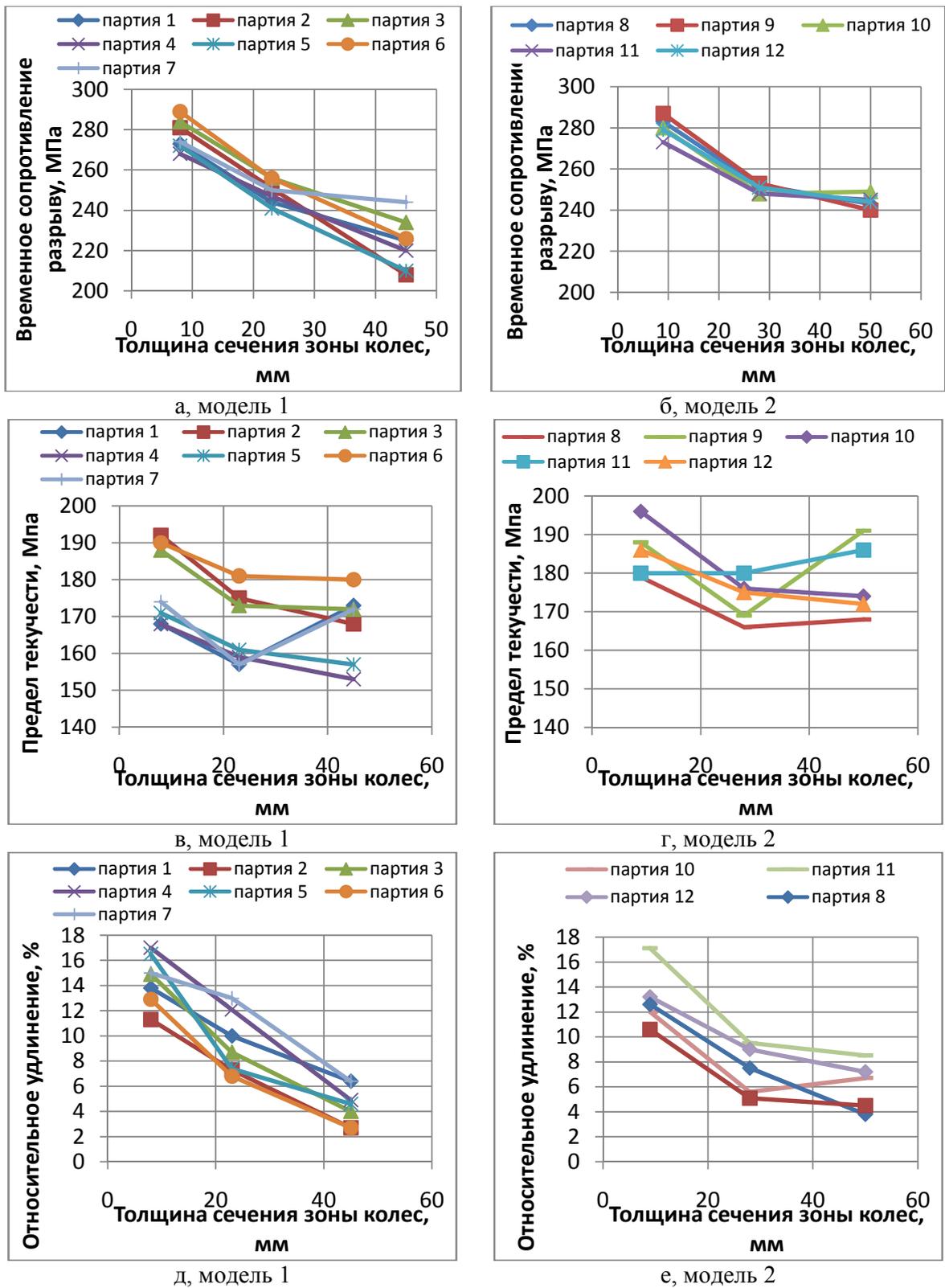


Рис. 3. Механические свойства колес после термической обработки:
 а, б – временное сопротивление разрыву; в, г – предел текучести;
 д, е – относительное удлинение

ЭНЕРГЕТИКА: МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА

УДК 629.4.084.17

МОДЕРНИЗАЦИЯ РОБОТИЗИРОВАННОГО СКЛАДСКОГО КОМПЛЕКСА РСК-250

А.А. Голуб

Научный руководитель Г.Б. Масальский
Сибирский федеральный университет

Роботизированный складской комплекс РСК-250 предназначен для накопления и хранения заготовок и готовых деталей производственного участка, а также для автоматического перемещения ячеек склада по рабочей зоне робота-штабелера.

РСК-250 состоит из двух параллельно стоящих стеллажей с тарой, в пространстве между которыми передвигается робот-штабелер, опирающийся на верхний и нижний ходовые пути. Комплекс включает в себя загрузочный стол, с которого снимает при загрузке комплекса и на который устанавливает при разгрузке тару с грузом робот-штабелер (рис.1).

Комплекс обслуживается оператором, рабочее место которого может находиться на любой удобной для обслуживания площадке. В данном случае – в непосредственной близости от загрузочного стола.

В зоне работы оператора находятся панель оператора, пульт ручного управления и загрузочный стол.

Стеллаж представляет собой пространственную металлоконструкцию, состоящую из плоских рам, соединенных раскосами и продольными связями. К поперечным связям, соединяющим 2 ряда стеллажей, крепится верхняя направляющая, состоящая из двух швеллеров. Стеллажи и нижний путь устанавливаются на сварную раму.

Конструктивно робот-штабелер состоит из приводной тележки, колонны и грузоподъемника.

Колонна имеет вид сварной конструкции из прокатных швеллеров с наваренными и обработанными направляющими для каретки грузоподъемника.

Тележка – сварная металлоконструкция, опирающаяся на рельс двумя колесами, одно из которых является приводным. На тележке смонтиро-

ваны привод вертикального подъема грузоподъемника и привод горизонтального перемещения.



Рис. 1. Робот во время операции разгрузки

Грузоподъемник предназначен для вертикального перемещения ячеек склада. На нем смонтированы телескопическая платформа с приводом, обеспечивающая поперечное перемещение груза из рабочей зоны робота в соответствующую ячейку стеллажа.

Привод горизонтального перемещения предназначен для горизонтального позиционирования робота. Для более быстрого и точного перемещения к заданному вертикальному ряду, изготовлен как двухскоростной, с переключением на пониженную скорость при подходе к заданной ячейке.

Привод вертикального перемещения предназначен для вертикального перемещения платформы при позиционировании перед заданной ячейкой, а также для снятия и установки ячейки со стеллажей склада. Привод выполнен двухскоростным для точного позиционирования с переключением на пониженную скорость при подходе к заданной ячейке. Это обеспечивается наличием двухскоростного трехфазного асинхронного двигателя. При движении на пониженной скорости включается одна обмотка двигателя, при движении на повышенной скорости – другая. После окончания вертикального перемещения снимается напряжение с электромагнитного тормоза, и платформа фиксируется на заданной высоте.

Информационные устройства комплекса представлены несколькими группами датчиков.

Датчики граничных положений робота представляют собой систему конечных выключателей и делятся на две группы: конечные выключатели и аварийные конечные выключатели.

В качестве датчиков текущего положения робота применены инкрементальные датчики Simodrive. Датчик горизонтального перемещения закреплен на оси ведомого колеса тележки, вертикального – в верхней точке цепной передачи вертикального привода.

Отклонение от стандарта питающей сети может привести к неправильному функционированию системы, сбою или даже выходу оборудования из строя. Поэтому в подобных системах используют контролирующие устройства, а сигналы с них заводят в систему управления.

Сигнал о срабатывании защиты двигателей снимается с дополнительных контактов автоматических выключателей.

Управление комплексом реализовано при помощи контроллера SIMATIC S7-200. Контроллер обрабатывает входные сигналы, поступающие с панели оператора, а также следит за состоянием комплекса и выдает сигналы управления.

Для запуска двигателей используются реле и фидерные сборки реверсивного пуска, имеющие в своем составе автоматы защиты.

Управление двигателями осуществляется при помощи магнитных пускателей, и в каждой цепи питания установлены тепловые защиты. В результате количество элементов велико, следовательно, надежность снижается. Отсутствует плавность перехода между скоростными режимами работы робота – резкие перепады. Имеющиеся скоростные режимы подавляют инерционность, но время операций увеличивается. Также электродвигатель вертикального перемещения уже устарел морально и физически. Концевые выключатели работают нестабильно, требуют настройки и периодического осмотра. Имеется характерный для механических выключателей дребезг.

Для оптимизации технологического процесса, а именно для сокращения времени операций и потребления электроэнергии, а также повышения надежности работы комплекса была принята следующая стратегия модернизации.

В силу износа и нестабильной работы концевые выключатели заменить на новые бесконтактные индуктивные датчики. Тем самым исключить физический износ и дребезг выключателя.

Для упрощения регулирования скорости вращения приводов, а также системы управления в целом, оптимальным вариантом будет использование частотного преобразователя. С помощью частотного преобразователя станет возможным выбор оптимального режима работы робота.

Электродвигатели горизонтального и вертикального перемещения следует заменить на более производительные-способные. Имеющиеся двигатели не представляется возможным использовать в паре с частотным преобразователем.

По плану модернизации два электродвигателя горизонтального перемещения требуется заменить одним. Это необходимо для упрощения управления перемещением и конструкции, повышения надежности. Вследствие этого потребуется заменить редуктор привода на более простой.

Вертикальное перемещение обеспечивается с помощью двухскоростного электродвигателя, имеющего две обмотки. Он не подходит для управления с помощью частотного преобразователя в силу своих конструктивных особенностей.

Как было сказано выше, необходимо установить частотный преобразователь для управления электродвигателями горизонтального и вертикального перемещений.

Выбор был остановлен на частотном преобразователе Micromaster 440 фирмы Siemens.

Micromaster 440 – привод переменного тока с преобразователем частоты для управления скоростью и моментом трехфазных двигателей. Различные модели покрывают мощность от 120 Вт до 250 кВт. Качественной особенностью Micromaster 440 является возможность интегрирования в систему автоматизации.

Управление двигателями горизонтального и вертикального перемещений осуществляется посредством привода Micromaster 440, в составе которого имеется выпрямитель, инвертор, управляемый с центрального процессорного блока. Для динамического торможения используется тормозной резистор.

Задание будет приходить с логического контроллера через цифровые входы.

Информационная связь между приводом и управляющим контроллером будет выполнена через последовательный интерфейс COM link с применением протокола USS RS-485.

Привод будет анализировать температуру двигателей с помощью термисторов, подключаемых на вход, имеющихся в составе Micromaster АЦП.

Управление удерживающими тормозами горизонтального и вертикального перемещений будет осуществляться с помощью промежуточных реле, имеющихся в составе привода Micromaster.

В докладе приведены разработанные структурные и функциональные схемы, раскрывающие принцип работы и взаимодействия частей комплекса.

Можно сделать несколько выводов:

- необходимо существенно сократить количество коммутационной аппаратуры;
- провести уменьшение количества двигателей с улучшением массо-габаритных показателей;
- обеспечить свободу в выборе режимов работы электродвигателей основных перемещений.

К отрицательным сторонам можно отнести дороговизну покупки и замены необходимого оборудования, однако, модернизация окупится за счет уменьшения затрат на электроэнергию и увеличения производительности.

УДК 697.975

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ НА ОСНОВЕ ЭТАЛОННОЙ МОДЕЛИ

Д.М. Зеленов

Научный руководитель Г.Б. Масальский
Сибирский федеральный университет

Кондиционирование воздуха – это создание и автоматическое поддержание в закрытом помещении температуры, относительной влажности, чистоты, состава и скорости движения воздуха, наиболее благоприятных для самочувствия людей, ведения технологических процессов, работы оборудования и приборов, хранения материалов. Оно приобретает все большую актуальность как в производственной, так в культурно-бытовой деятельности.

Создание оптимального состава воздушной среды в помещении может осуществляться путем удаления образовавшихся тепло-, газо- и влагоизбытков, пыли и добавления необходимого количества свежего воздуха с предварительной его подготовкой (охлаждение или нагрев, осушение или увлажнение, фильтрация и др.).

При осуществлении процесса кондиционирования воздуха объектом регулирования является обслуживаемое помещение (ОП), в котором происходит изменение нормируемых параметров воздуха из-за влияния наружного воздуха и внутренних процессов. Задача системы кондиционирования воздуха (СКВ) – поддерживать заданные показатели.

Обобщённая структурная схема СКВ как объекта автоматизации показана на рис. 1. Входными параметрами являются наружный воздух, тепло-, влаго-, и хладаносители, электроэнергия, а также часть рециркуляционного воздуха, возвращаемого в помещение.

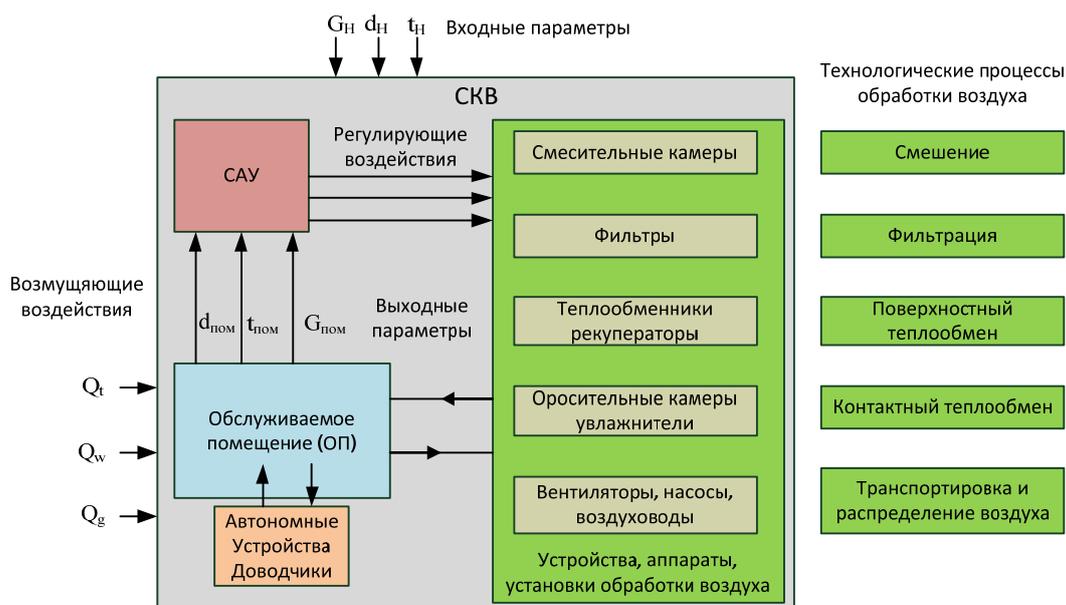


Рис. 1. Обобщенная структурная схема СКВ как объекта автоматизации;
 t_H , d_H , G_H – температура, влажность, расход наружного воздуха;
 $t_{пом}$, $d_{пом}$, $G_{пом}$ – температура, влажность, расход воздуха в помещении;
 Q_t , Q_w , Q_g – тепловое, влажностное и газовое воздействия.

Выходными параметрами являются температура в помещении $t_{пом}$, влагосодержание $d_{пом}$ и расход воздуха $G_{пом}$. Система кондиционирования включает следующие основные элементы:

- регуляторы расхода воздуха (заслонки, шиберы, жалюзи);
- камеры смешения (смешения различных потоков воздуха);
- фильтры (механическая и биологическая очистка воздуха);
- теплообменники (теплообмен различных сред: воздух-воздух, хладагент-воздух, жидкость-воздух и др.);
- вентиляционные сети (распределение и транспортировка воздуха).

Каждая конкретная система комплектуется, исходя из заданной технологии обработки приточного воздуха. Это могут быть простые вентиляционные системы или центральные кондиционеры в сочетании с автономными устройствами (калориферы, осушители, автономные кондиционеры и др.), называемые доводчиками. Они доводят воздух, идущий от центрального кондиционера, до параметров, требуемых по нормам конкретного помещения.

Основная сложность проектирования и настройки систем управления СКВ состоит в том, что выходные параметры (температура, влагосодержание, расход воздуха) имеют нелинейную взаимозависимость между собой. Также прецизионное управление усложняется тем, что в обслуживаемом помещении могут находиться источники тепла (люди, оборудование) и влаги (люди, емкости с водой). Причем количество таких источников может меняться во времени и носить случайный характер.

Для решения описанных выше проблем необходимо не только контролировать случайные источники тепла и влаги, но и иметь адекватную математическую модель взаимодействия и взаимовлияния выходных параметров СКВ друг на друга.

В докладе рассмотрены следующие вопросы:

- построение системы управления СКВ;
- получение эталонной математической модели обслуживаемого помещения в пакета Comsol Multiphysic;
- моделирование системы управления СКВ с эталонной моделью в пакете Matlab;
- методика настройки системы управления СКВ для обеспечения высокого качества регулирования.

УДК 631.672

РАСЧЕТ ГИДРОУДАРА В СИСТЕМЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Я.В. Сахник

Научный руководитель А. П. Смольников

Сибирский федеральный университет

Система водоснабжения городского хозяйства является одной из наиболее важных инженерных сетей города и к ее надежности предъявляются высокие требования. Она представляет собой сеть, которая состоит из источников (водозабор, скважины, и т. д.); потребителей (помимо потребителей и групповых потребителей сюда можно отнести контррезервуары и водонапорные башни, работающие на заполнение); запорно-регулирующей арматуры, установленной на сети; защитных устройств (обратные клапаны, разрушаемые мембраны и т. п.); насосных станций и других элементов водопроводной сети.

В основном при проектировании водопроводных сетей выполняется их статический расчет, хотя они, чаще всего, работают в переходных режимах из-за постоянных переключений в элементах сетей. Расчет динамических режимов является значительно более сложным по сравнению со статическим. Для прогнозирования переходных процессов и предотвращения гидравлических ударов в сети воспользуемся геоинформационной системой (ГИС) *Zulu*. Система дает возможность имитировать различные возмущения, поломки, выход из строя элементов сети для выполнения дополнительных более точных расчетов при различных ситуациях. Позволя-

ет создавать расчетные схемы инженерных коммуникаций с автоматическим формированием топологии сети и соответствующих баз данных.

Целью расчета гидравлического удара водопроводной сети является анализ работоспособности системы как отдельных более сложных ее участков, так и системы в целом. Данная методика позволяет рассмотреть работу сети и проследить влияние защитных устройств трубопровода при различных условиях, а также дает возможность моделирования различных ситуаций, которые в действительности несут разрушающий характер, что позволяет предотвратить данные ситуации и значительно сократить число аварий в реальной водопроводной сети.

Данная методика расчета была разработана ввиду сложности проведения реальных испытаний, которые являются затратными и трудоемкими.

Факторы, оказывающие влияние на переходные процессы, можно разбить на три группы, и, в соответствии с этим, качественный анализ численных экспериментов проведем по трем направлениям:

- анализ влияния на переходные процессы характера источника возмущения;
- анализ влияния на переходные процессы наличия устройств, предназначенных для защиты сети от гидравлического удара;
- анализ влияния на переходные процессы отдельных параметров, используемых при моделировании гидравлической сети и внешних возмущений.

Расчет переходных процессов (в частности возникновения гидравлического удара) в водопроводных сетях выполняет модуль “WaterHammer”. Управление этот модуль получает от модуля “ZuluHydro” после того, как введены исходные данные, и оформлено задание на расчет. Для начала расчета гидравлического удара необходимо подготовить исходные данные, которые рассчитываются в результате расчета стационарного режима работы водопроводной сети. В расчет входит выполнение поверочного расчета, определяющего оптимальные величины потокораспределения. Для дальнейшего проведения расчета переходных процессов требуется ввести ряд дополнительных параметров.

Для участков:

- E_{pipe} – модуль Юнга материала трубы (МПа),
- del – толщина стенки трубы (в метрах),
- H_{destr} – условно допустимое давление (в метрах водяного столба) в трубе.

Для насосов:

- W_{motor} – мощность электродвигателя, соединенного с насосом (кВт),
- I – момент инерции агрегата насос-электродвигатель ($кг \cdot м^2$).

Для запорной арматуры (обязательны для заполнения):

- Mark – марка запорной арматуры,
- D – условный диаметр (м),
- Percent – степень открытия/закрытия (доля от единицы/угол поворота закрытия задвижки).

Для защиты сети от гидравлического удара возможна установка специальных защитных устройств. Такими устройствами являются воздушный колпак и разрушаемая мембрана, которые не оказывают влияния на стационарный режим работы водопроводной сети.

Переходные процессы в сети возникают только при наличии одного или нескольких источников возмущения. В программе предусмотрена возможность выбирать в качестве источников возмущения включение /выключение насоса либо открытие/закрытие задвижки. В качестве объекта автоматизации рассмотрим расчетную схему подачи воды в микрорайон «Солнечный». На рисунке 1 представлена водопроводная сеть, позволяющая рассчитать гидравлический удар в сети при различных источниках возмущения.

Элементы схемы:

Источник – в качестве источника для нашей расчетной схемы водопроводной сети используется скважина с водозабором. В общем случае, поступление воды в сеть может обеспечиваться как одним, так и несколькими источниками.

Водопроводный колодец – является простым узлом, чьи свойства специально не оговорены, служит для соединения участков между собой.

Потребитель – объект, который характеризуется минимальным напором и расчетным расходом сетевой воды.

Обратный клапан – устройство, пропускающее воду по трубопроводу только в одном направлении и автоматически закрывающееся при перемене направления потока.

Запорная арматура – узел, который имеет гидравлическую характеристику, зависящую от степени открытия или от угла поворота задвижки. Численное значение коэффициента местного сопротивления запорного устройства определяется его состоянием.

Насос – устройство, которое изменяет напор в трубопроводе на заданную величину. Основные характеристики, по которым осуществляется выбор насоса, приведены в таблице 1. В таблице 2 приведены характеристики используемого насоса.

Таблица 1. Параметры насоса

Марка насоса	Частота вращения, об/мин	Диаметр рабочего колеса, мм	Максимальная температура сетевой воды	Максимальное давление, кгс/см ²	Максимальная высота всасывания, м
СЭ1250-140 1	1500	470	180	7.5	11

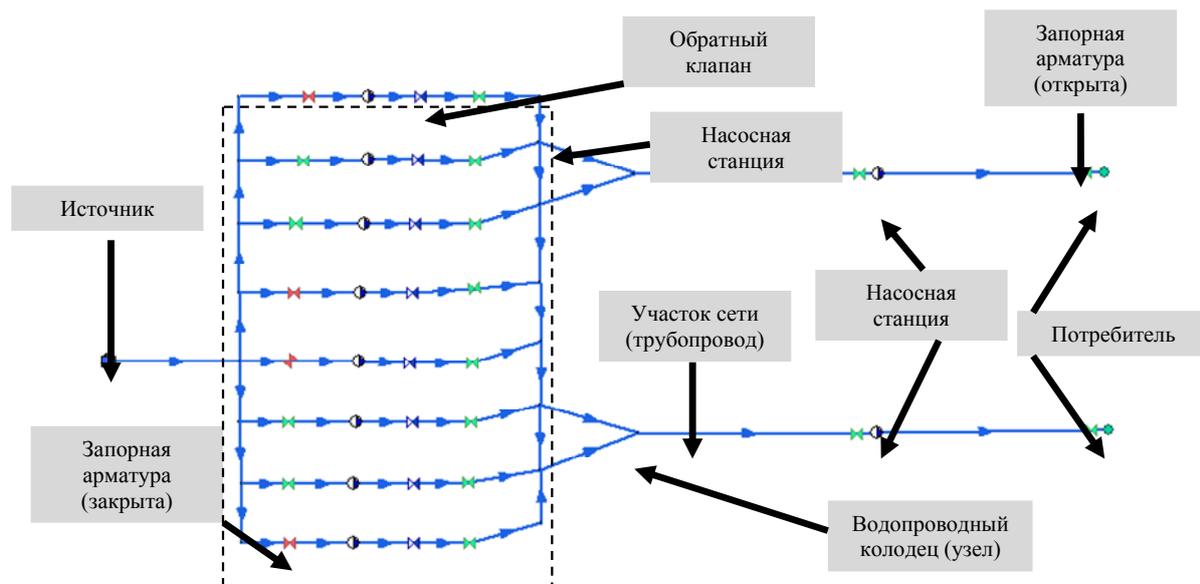


Рис. 1. Расчетная схема водопроводной сети

Таблица 2. Характеристика насоса

Характеристика насоса		
G, м ³ /ч	H, м вод.ст.	КПД, %
0	170	0
500	162	53
750	160	52
850	155	78
1250	140	85
1330	135	84

До начала расчетов имеется возможность изменить значения некоторых параметров: время наблюдения (с), точность расчетов, процент содержания газов в жидкости и масштабы для построения графиков. До запуска расчета переходных процессов обязательно нужно выполнить подготовку начальных условий – кнопка **“Нач. условия”**. После выполнения расчета стационарного режима появятся графики давлений и скоростей в двух верхних окнах. Помимо давления (точнее пьезометрический напор) на верхнем рисунке имеются графики земной поверхности и предельно допустимых давлений. Для запуска расчета переходных процессов следует нажать кнопку **“Перех. Процесс”**. Во время расчета на верхних двух графиках можно наблюдать распространение волн разрежения и сжатия, а в нижнем окне происходит построение графиков зависимости давления от времени в выбранных точках наблюдения. Отметим, что в процессе расчета переходного процесса программа может выдавать сообщения о превышении предельно допустимого давления и о срыве всасывания на входе насоса. Для анализа результатов расчета можно вывести на экран графики наибольшего и наименьшего давлений в каждой точке маршрута наблюде-

ний, достигнутых за время эксперимента. Полная информация о наибольшем и наименьшем давлении для всех участков записывается в базу данных и может быть проанализирована с помощью запросов. После чего можно выбрать новый маршрут и новые точки наблюдения, а затем повторить расчет. Для вызова окна визуализации расчетов нажимаем кнопку “Расчет” на панели “Гидравлические расчеты” в результате увидим:

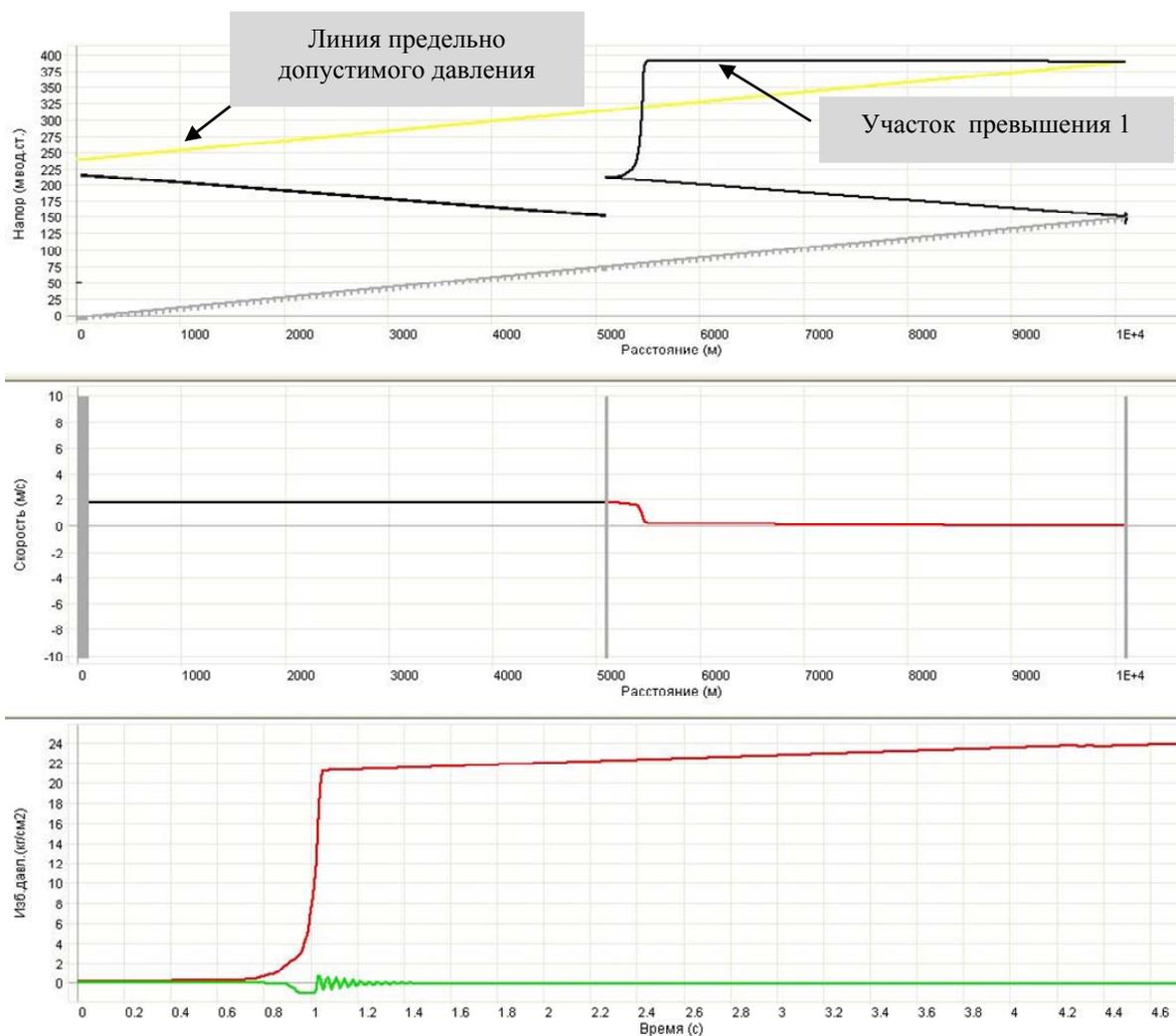


Рис. 2. Переходные процессы при закрытии задвижки

На рис. 2 представлены гидравлические процессы, возникающие при закрытии задвижки (перед первым потребителем). Продолжительность закрытия равна одной секунде, степень первоначального открытия равна единице. За исходные точки наблюдения принимаем участок, расположенный до задвижки и после нее. На нижнем графике можно наблюдать гидравлический удар, который ведет к разрушению водопровода. На верхнем графике происходит превышение предельно допустимого давления (на участке превышения 1), следовательно, необходимо подоб-

рать параметры элементов схемы наиболее благоприятные для работы водопроводной сети.

Выше представлена расчетная схема, источником возмущений которой является закрытие задвижки (запорной арматуры). Кроме этого, огромную роль в возникновении переходных процессов в сети также играет насосная станция. Посредством включения и отключения насоса в системе становится возможным появление гидравлического удара. Установка в водопроводную сеть защитных устройств, таких как, разрушаемая мембрана или воздушный колпак позволяет предотвратить, или сгладить гидравлический удар, тем самым сохранив трубопровод в целостности.

ЭНЕРГЕТИКА: ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

УДК 621.181

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЧЕТЫРЕХВИХРЕВОЙ СХЕМЫ СЖИГАНИЯ БУРОГО УГЛЯ В ТОПКЕ КОТЛА БКЗ-640 ГУСИНООЗЕРСКОЙ ГРЭС

Е.А. Голубева, И.А. Брикман
Научный руководитель А.П. Скуратов
Сибирский федеральный университет

Решение задач по оптимизации работы котельного оборудования ТЭЦ позволяет решить вопросы энерго- и ресурсосбережения, повысить технико-экономические показатели станций и надежность работы теплоэнергетического оборудования.

В работе проведены исследования топочного процесса в котле БКЗ-640 Гусиноозерской ГРЭС. По проекту СибВТИ на Гусиноозерской ГРЭС была выполнена реконструкция котла БКЗ-640 ст. № 2 с переводом его на твердое шлакоудаление. Реконструированный котел рассчитан на сжигание холбольджинского бурого угля. Однако в настоящее время на станции осуществляется перевод котлов на сжигание окино-ключевского угля. В связи с этим возникла необходимость в разработке технических решений по модернизации котла БКЗ-640 ст. № 2.

При реконструкции применена система пылеприготовления прямого вдувания с газовой сушкой топлива. Горелки прямоточные в количестве двенадцати штук установлены диагонально на боковых стенах топки в три яруса. На заднем и фронтальном экранах установлены пристенные сопла третичного дутья. Такая компоновка горелок и воздушных сопел должна сформировать четырёхвихревую аэродинамическую структуру факела (рис. 1).

Для оптимизации четырёхвихревой схемы сжигания пылеугольного топлива была разработана математическая модель топки котла БКЗ-640 на основе пакета программ для численного моделирования процессов горения и аэродинамики *SigmaFlow* [1]. Расчетная сетка состояла из примерно 700000 узлов (рис. 2). Скорость аэросмеси и воздушного дутья в контрольных сечениях модели рассчитывалась соответственно по заданным их рас-

ходам. Фракционный состав угольной пыли задавался по экспериментальным данным, полученным СибВТИ. Разработанная модель была адаптирована к реальным условиям работы котельной установки.

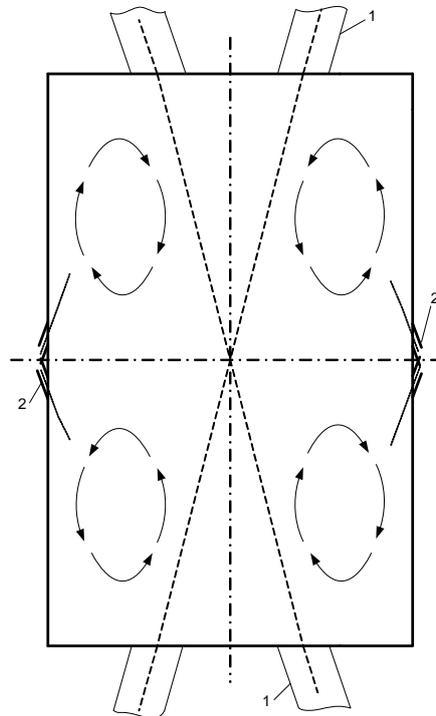


Рис. 1. Схема четырехвихревой топки:
1 – горелки пылеугольные; 2 – сопла третичного дутья

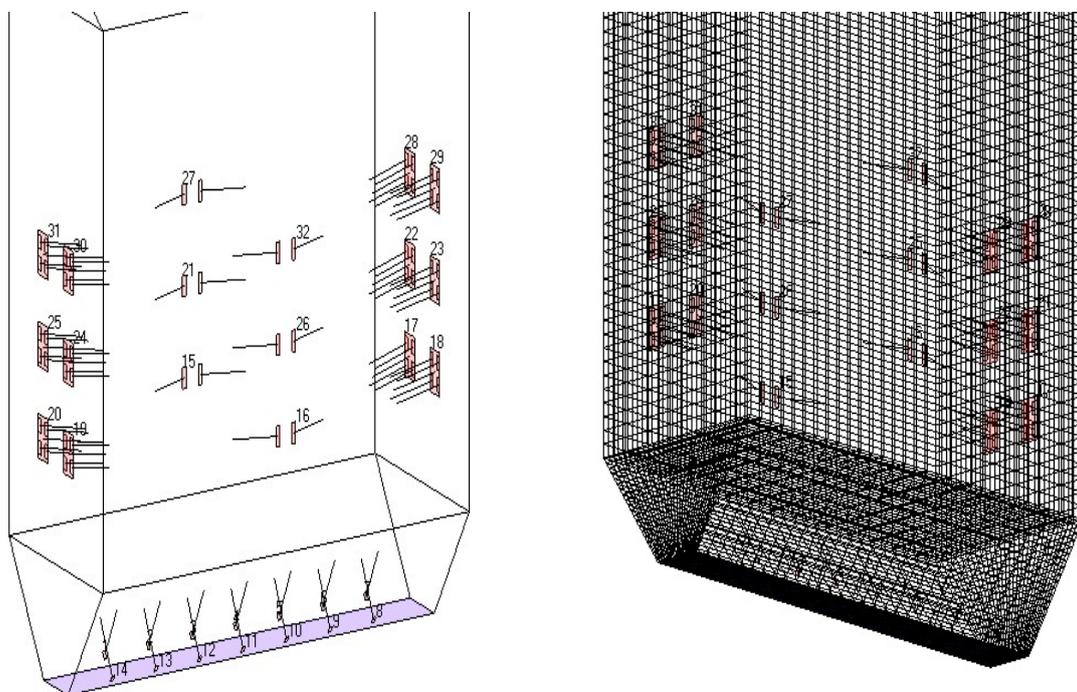


Рис. 2. Геометрия и расчетная сетка топочной камеры котла БКЗ-640
Гусиноозерской ГРЭС

Рассчитывались варианты четырёхвихревой топки с трёхъярусными горелками, установленными на боковых стенах топки по диагональной схеме, с трёхъярусными пристенными соплами третичного воздуха на фронтальной и тыльной стенах топки, без сопел нижнего дутья (СНД), с СНД, с наклоном горелок вниз на 10° и без наклона.

Таким образом, исследовались следующие варианты:

- вариант № 1 – исходный вариант без СНД и без наклона горелок;
- вариант № 2 – с наклоном горелок вниз на $\gamma = 10^\circ$, без СНД;
- вариант № 3 – без наклона горелок с СНД;
- вариант № 4 – с наклоном горелок вниз на $\gamma = 10^\circ$, с СНД.

На рис. 3 показаны температурные и скоростные поля четырёхвихревой схемы без СНД и наклона горелок (вариант № 1). Как видно, на рисунке в горизонтальных сечениях топки наблюдается устойчивое движение газов, формирующее четыре вихря. Горелочные струи располагаются диагонально в центральных частях топки. Вдоль фронтального и тыльного экранов возникает движение потоков третичного дутья, которые способствуют формированию четырёхвихревой схемы, снижают температуру газов у экранов. Кроме того, такая аэродинамика потоков положительно сказывается и на уменьшении интенсивности их шлакования экранных поверхностей топки. Анализ показывает, что приведенные на рис. 3 температурные и скоростные поля имеют место и в других исследуемых вариантах расчета.

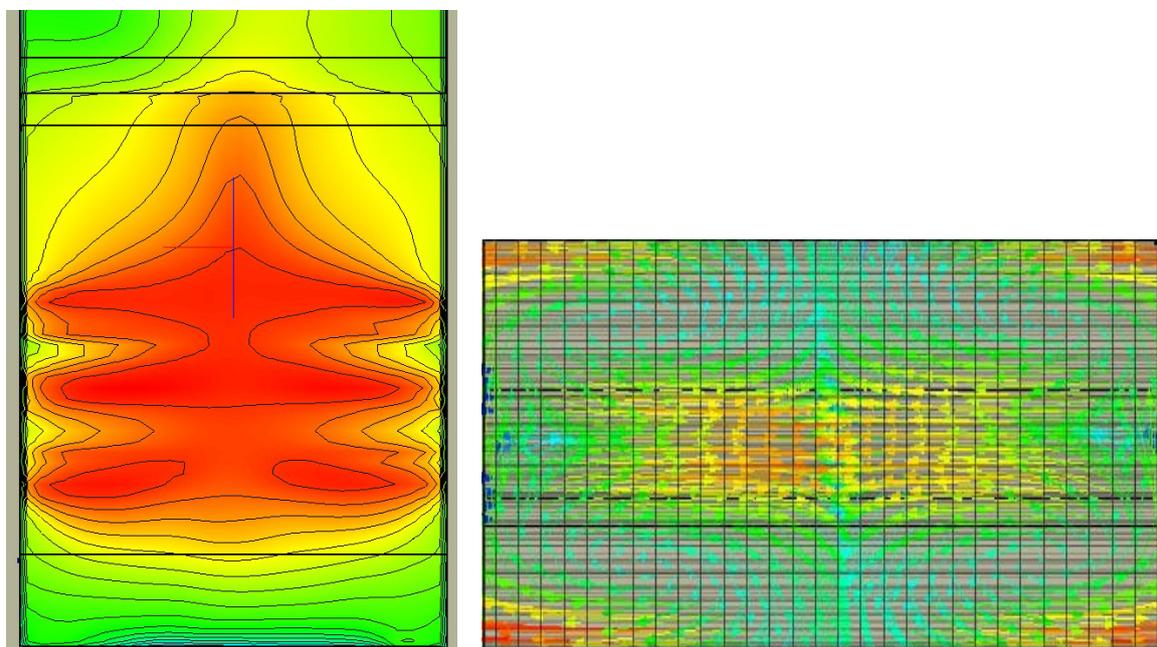


Рис. 3. Температурные и скоростные поля

Расчеты показывают, что наклон горелок вниз на 10° приводит к повышению на 20°C температуры в верхней части холодной воронки и снижению на 9°C температуры перед ширмами (рис. 4).

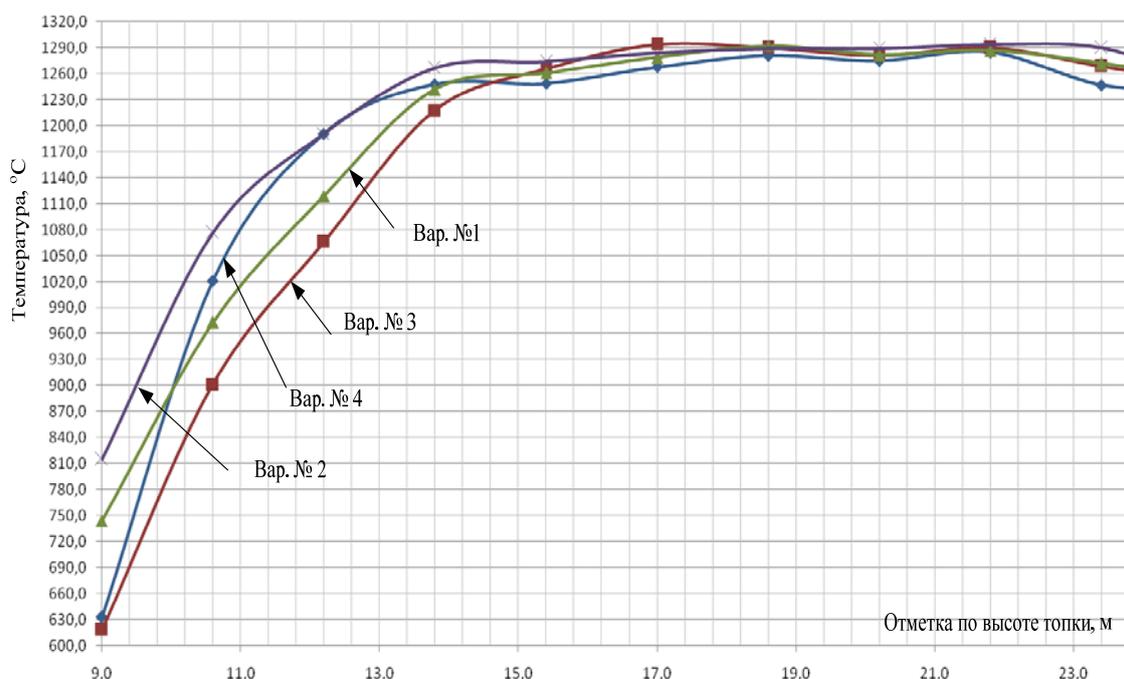


Рис. 4. Температура газов по высоте топki на расстоянии 0,2 м от бокового экрана в поперечном сечении по оси топki

Включение СНД снижает температурный уровень в холодной воронке. Максимальные температуры в зоне активного горения изменяются незначительно. Наиболее привлекательным следует признать вариант № 4 с СНД и наклоном горелок вниз на 10° , обеспечивающий снижение температуры перед ширмами и на выходе из топki.

Таким образом, в результате расчетных исследований предложена и апробирована на Гусиноозерской ГРЭС четырехвихревая аэродинамическая схема организации топочного процесса. Схема предусматривает блочную компоновку (от четырех пылесистем) на боковых стенах топki трехъярусных прямооточных горелок типа ГПР с наклоном вниз на 10° , а также размещение на фронтном и заднем экранах в три яруса пристенных сопел воздушного дутья. При этом в нижней части холодной воронки предусмотрена система нижнего воздушного дутья по встречно-смещённой схеме.

Список литературы

1. Испытания пылесистем котла БКЗ-640-140 ст.№2 Гусиноозёрской ГРЭС после установки инерционных сепараторов / Е.Г. Алфимов, С.И. Корнейчук // Отчёт СибВТИ. Арх. – № 1318. Красноярск, 2002. – 21 с.
2. Расчет и проектирование пылеприготовительных установок котельных агрегатов (Нормативные материалы). Руководящие указания ЦКТИ-ВТИ. Ленинград, 1971.

3. Результаты опытно-промышленного сжигания угля разреза "Окино-Ключевской" в котле БКЗ- 640 (544) ст. № 2 Гусиноозёрской ГРЭС / В.В. Богомолов, Н.В. Артемьева, А.Ю. Кузнецов и др. // Отчет УралВТИ. Арх. № 12791. Челябинск, 2008.

4. А.А. Дектерев, А.А. Гаврилов, Е.Б. Харламов, К.Ю. Литвинцев "Использование программы Flow для численного исследования технологических объектов" // Вычислительные технологии. 2003. Т. 8, Ч. 1, С. 250-255.

5. Дектерев А.А., Гаврилов А.А., Харламов Е.Б., Чернецкий М.Ю., Тэпфер Е.С. «SIGMAFLAME – специализированная программа для моделирования топочных камер» // Всероссийский семинар кафедр Вузов по теплофизике и теплоэнергетике 13-15 мая 2009 г., Красноярск Тезисы докладов 25 с.

6. Результаты освоения реконструированного на твердый шлак котла БКЗ-320-140 ПТ-2 Красноярской ТЭЦ-1 / Пронин М.С., Новиков А.И., Костина Л.М. и др. // Сб. докладов Всероссийской науч.-практ. конф.: Проблемы использования канско-ачинских углей на электростанциях. Красноярск, 2000. С. 250-255.

УДК 532.528

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ В ВЕРТИКАЛЬНОМ ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ ПЕРЕМЕШИВАЮЩЕМ АППАРАТЕ

О.А. Жигалова, Н.В. Шерешкова

Научные руководители А.Ю. Радзюк, Е.Б. Истягина

Сибирский федеральный университет

Процесс перемешивания в гидродинамическом отношении сводится к внешнему обтеканию твердых тел потоком набегающей жидкости. В общем случае лопасти мешалки при вращении выполняют работу, связанную с преодолением сопротивления сил инерции и сил трения перемешиваемой жидкости. Так, при пуске мешалки ее лопасти встречают особенно большое сопротивление со стороны жидкости, инерцию массы которой необходимо преодолеть. По мере приведения жидкости в движение работа мешалки все больше затрачивается на преодоление внутренних сопротивлений в жидкости (трения, вихревых движений, ударов жидкости о стенки и т. д.).

Устройство для перемешивания предназначены, как правило, для получения эмульсий, суспензий, однородных гомогенных смесей, раство-

рения твердых частиц, а также интенсификации химических, тепловых и диффузионных процессов.

Эффективность перемешивания, характеризующая качество проведения того или иного процесса, зависит прежде всего от режима движения жидкости в аппарате и связана с особенностями введения в обрабатываемые среды энергии.

Турбулентное перемешивание маловязких жидкостей является самым распространенным в практике, хотя и более энергоемким по сравнению с ламинарным. Интенсивность перемешивания при турбулентном режиме движения жидкости в аппаратах существенно больше, нежели при ламинарном режиме.

Стремление к сокращению времени проведения технологических операций привело к необходимости увеличения скоростей обтекания активных элементов перемешивающих устройств (турбулизаторов, роторов и мешалок). Было обнаружено, что для целого ряда технологических процессов существуют критические значения скоростей движения активных элементов, при достижении которых резко увеличивалась интенсивность перемешивания.

Несмотря на широкую распространенность процессов перемешивания в технике, технологиях и быту, к настоящему времени еще не до конца разработаны корректные аналитические методы расчета аппаратов и отдельных их элементов. Для решения практических задач широко применяются экспериментальные методы, основанные на проведении необходимых измерений в лабораторных условиях на моделях.

Исследование гидродинамических режимов, основанное на определении количества удаленного воздуха, проводилось на лабораторной установке, схема которой представлена на рис. 1. Основным элементом установки является вертикальный цилиндрический гладкостенный перемешивающий аппарат объемом 1 л. с установленной в качестве мешалки клиновидной крыльчаткой с углом клина 30° . Мощность, подводимая к мешалке, определялась посредством измерения силы тока. Уровень кислорода фиксировался анализатором «Марк-2». Механическое воздействие на каждую пробу составляло 60 сек. Объектом воздействия была взята водопроводная, отстаиванная в течение двух суток вода.

При движении вихревого потока жидкости, вызванного вращением мешалки, происходит изменение кислородосодержания. Обобщенные результаты эксперимента приведены на рис. 2, на котором изображена зависимость интенсивности перемешивания от механической мощности, N . В качестве интенсивности перемешивания в своей работе мы использовали кислородосодержание в воде, C . Поскольку жидкость способна растворять соприкасающиеся с ней газы, то концентрация растворенных газов, в частности кислорода, не является фиксированной для данного объема. Концен-

трация растворенного газа может изменяться как в следствие относительного перемешивания отдельных объемов жидкостей относительно друг друга, так и за счет диффузионных процессов, которые представляются как результат молекулярно переноса вещества из одного микрообъема жидкости в другой.

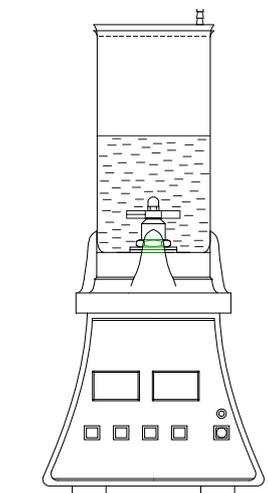


Рис. 1. Схема лабораторной установки

На полученной кривой можно выделить несколько характерных областей поведения изменения указанной величины.

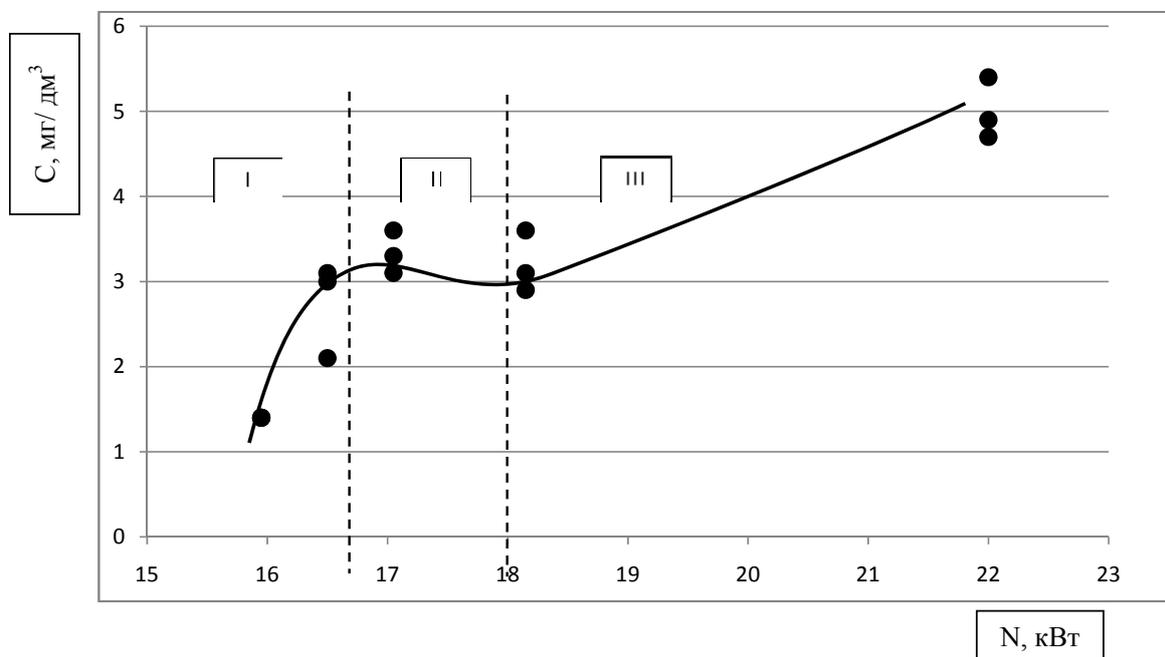


Рис. 2. Зависимость изменения кислородосодержания от подводимой мощности

Область I характеризуется сложным пространственно-вихревым характером движения, осложненным турбулентными пульсациями. Через по-

верхность образующейся воронки воздух начинает интенсивно поступать в перемешиваемую среду.

Картина образования воздушных полостей в перемешивающем устройстве по виду идентична кавитации, однако причиной разрыва жидкости следует считать сообщение зон разрежения в центре вихрей и за вращающейся крыльчаткой с атмосферой.

Начало области II определено по снижению уровня интенсивности изменения кислорода и может быть объяснено снижением общей плотности ввиду наличия в обрабатываемой смеси наряду с пузырьками, привлеченными с поверхности жидкости, пузырьков, образующихся в результате кавитации. В этой области режим изменяется с начальной стадии кавитации до развитой кавитации.

Область III характеризуется увеличением кислородосодержания, что может свидетельствовать о режиме суперкавитации.

Полученные результаты могут быть использованы для определения гидродинамических режимов в установках подобного рода с целью их технологического совершенствования.

Список литературы

1. Васильцов Э.А., Ушаков В.Г. Аппараты для перемешивания жидких сред. – Л.: Машиностроение, 1979. – 271 с.
2. Лунин М.В. Метод и средство контроля объёмного расхода газа в процессах с малым газовыделением. Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – Орел, 2010. – 16 с.
3. Радзюк А.Ю., Кулагин В.А., Криволицкий А.С. Экспериментальный стенд для получения высокодисперсных эмульсий (суспензий). Вестник Ассоциации выпускников КГТУ. Вып. 4. – Красноярск: КГТУ, 2000. – С. 77-79.
4. Рождественский В.В. Кавитация. – Л.: Судостроение, 1977. – 247 с.

УДК 669

СХЕМА БЕЗМАЗУТНОЙ РАСТОКИ КОТЛА

Д.И. Карабарин

Научный руководитель. В.В. Колосов

Сибирский федеральный университет

Полезная модель относится к теплоэнергетике и может быть использована на тепловых электрических станциях для безмазутной растопки

котлов. Задачей полезной модели является повышение экономичности и эффективности использования электронагревателя. В схеме безмазутной растопки котла, содержащей растопочную горелку топки котла, основной пылепровод и электронагреватель, для решения поставленной задачи растопочная горелка соединена с источником пылевоздушной смеси посредством основного пылепровода, на основном пылепроводе закреплен муфель, выполненный в виде прямоугольного керамического короба, на котором установлен делитель потока, представляющий собой участок полутрубы расчетной длины, расположенный внутри основного пылепровода вдоль его оси, внутри прямоугольного керамического короба установлен металлический экран, под которым размещен электронагреватель, причем внутри прямоугольного керамического короба между внутренней поверхностью делителя потока и внешней поверхностью металлического экрана образован муфельный канал. 2 илл.

Известна схема безмазутной растопки котла в топке [патент RU №2096688, МПК F23C1/10, опубл. 20.11.1997г.], содержащая растопочный бункер пыли с пылепитателями, линию подачи пыли к растопочной горелке топки котла, подключенную к линии горячего воздуха, и электрозапальное устройство. Между растопочным бункером пыли и растопочной горелкой размещена дополнительная линия термического разложения пыли, включающая участок термоподготовки расчетной длины, выполненный в виде вертикальной петли с перепускным газоходом и шибером, сообщаемый на входе с линией горячего воздуха через дополнительный электрокалорифер и с растопочной горелкой на выходе через камеру предварительного зажигания, установленную перед растопочной горелкой и соединенную с ней перепускной трубой, в которой размещено указанное электрозапальное устройство, а перед камерой предварительного зажигания на выходном участке термоподготовки выполнено дросселирующее устройство в виде суженного канала расчетного сечения.

Недостатком известной схемы безмазутной растопки котла является отсутствие возможности нагревания пыли до температуры её самовоспламенения в участке термоподготовки расчетной длины, выполненном в виде вертикальной петли, сообщаемой на входе с линией горячего воздуха через дополнительный электрокалорифер, вследствие того, что расходная теплоемкость пыли больше расходной теплоемкости воздуха.

Известна пылеугольная горелка [а.с. SU №1210001, МПК F23D1/00, F23C3/00, F23D1/04, опубл. 07.02.1986 г.], содержащая корпус с осевым патрубком подвода аэросмеси и боковым для вторичного воздуха. С целью повышения качества сжигания и экономичности путем ступенчатого сжигания топлива, в корпусе вдоль его оси установлены с радиальным зазором обечайки, разделяющие поток аэросмеси на концентричные потоки,

причем первая по ходу аэросмеси обечайка снабжена нагревателем, а патрубки вторичного воздуха подключены к последующим обечайкам.

Недостатком данной схемы безмазутной растопки котла является недостаточное время пребывания аэросмеси в зоне высоких температур вследствие высокой скорости подачи аэросмеси через осевой патрубок подачи. Это приводит к нехватке времени для диффундирования летучих веществ из аэросмеси.

Наиболее близким техническим решением к заявляемому является схема безмазутной растопки котла [патент RU №2200905, МПК F23K1/04, F23D1/02, опубл. 20.03.2003г.], содержащая источник пыли, растопочную горелку топки котла, соединенную с источником пыли основным и байпасным пылепроводами, запальное устройство, а также линию горячего воздуха, подключенную к растопочной горелке и запальному устройству, при этом байпасный пылепровод выполнен в виде кольцевой петли с шибером, выходной участок которой заведен в камеру предварительного зажигания, установленную перед растопочной горелкой и соединенную с ней, и электронагреватель. Электронагреватель установлен внутри указанной кольцевой петли и выполнен в виде индуктора, а входная часть кольцевой петли через шибер подсоединена к основному пылепроводу после перегиба его перед растопочной горелкой, выполненному в виде колена, через которое внутрь камеры предварительного зажигания, размещенной на выходе указанного пылепровода, заведено запальное устройство, установленное по оси выходного участка кольцевой петли.

Недостатком известного технического решения является недостаточная эффективность использования электронагревателя вследствие того, что из-за высокой скорости подачи пыли нагревается только слой пыли, находящейся вблизи электронагревателя, и, как следствие, образуется тонкий турбулентный пограничный слой.

Задачей полезной модели является повышение экономичности и эффективности использования электронагревателя.

Повышение экономичности использования электронагревателя обеспечивается за счет нагревания только той части пылевоздушной смеси, которая попадает в муфельный канал.

Повышение эффективности использования электронагревателя достигается увеличением времени пребывания пылевоздушной смеси в зоне возвратного вихревого течения, возникающей в муфельном канале.

На рис. 1 изображен продольный разрез заявляемой схемы, на рис. 2 – разрез А-А на рис. 1.

Схема содержит основной пылепровод 1, соединяющий источник пылевоздушной смеси с растопочной горелкой топки котла (не показаны). На основном пылепроводе 1 закреплен муфель, выполненный в виде прямоугольного керамического короба 2, на котором установлен делитель по-

тока 3, представляющий собой участок полутрубы расчетной длины. Внутри основного пылепровода 1 расположен делитель потока 3 в виде участка полутрубы 3 расчетной длины, вставленный в прямоугольный проем, выполненный на стенке основного пылепровода 1 вдоль его оси. Внутри прямоугольного керамического короба 2 установлен металлический экран 4, под которым размещен электронагреватель 5. Причем внутри прямоугольного керамического короба 2 между внутренней поверхностью делителя потока 3 и внешней поверхностью металлического экрана 4 образован муфельный канал 6. Металлический экран 4 снабжен датчиком температуры 7, сигнальные выходы которого соответственно соединены с сигнальными входами ПИД-регулятора напряжения 8. Выходы ПИД-регулятора напряжения 8 подключены к клеммам электронагревателя 5, а питающие входы ПИД-регулятора напряжения 8 соединены с клеммами источника питания (не показан). Снаружи прямоугольный керамический короб 2 изолирован слоем теплоизоляции 9.

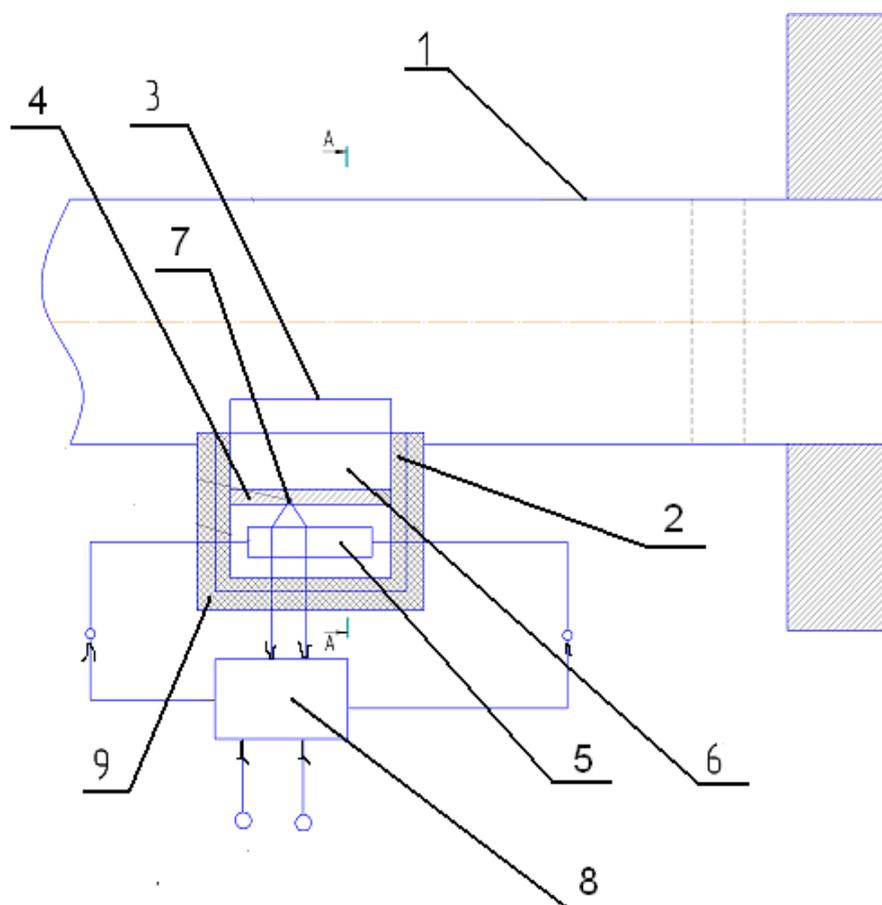


Рис. 1

Схема работает следующим образом.

Включают электронагреватель 5, который прогревает массивный металлический экран 4 до температуры самовоспламенения пыли $T_{\text{пыль}}$. Зна-

чение температуры металлического экрана $T_{\text{экр}}^{\text{ан}}$ контролируют с помощью датчика температуры 7.

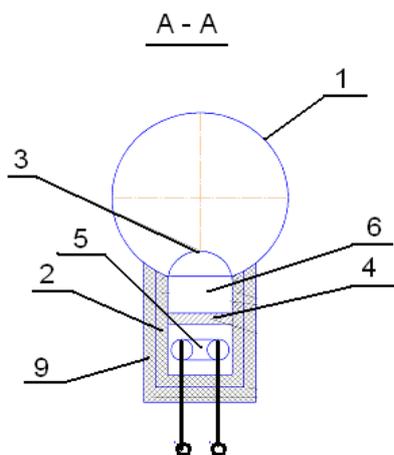


Рис. 2

В растопочном режиме температуру металлического экрана $T_{\text{экр}}^{\text{ан}}$ поддерживают равной температуре воспламенения пыли $T_{\text{пыль}}$ посредством ПИД-регулятора напряжения 8. При изменении значения температуры экрана $T_{\text{экр}}^{\text{ан}}$ сигнал с датчика температуры 7 поступает на сигнальные входы ПИД-регулятора напряжения 8, который меняет значение мощности электронагревателя 5.

Вследствие тепловой конвекции прогревается муфельный канал 6, образованный внутри прямоугольного керамического корпуса 2 между внутренней поверхностью делителя потока 3 и внешней поверхностью металлического экрана 4. Делитель потока 3 выступает в качестве теплового экрана муфельного канала 6. После прогрева муфельного канала 6 до температуры самовоспламенения пыли в растопочном режиме от источника пылевоздушной смеси по основному пылепроводу 1 пылевоздушная смесь подается в растопочную горелку котла. В основном пылепроводе 1 поток пылевоздушной смеси посредством делителя потока 3 разделяется на две части. Часть потока пылевоздушной смеси продолжает движение по основному пылепроводу 1, а другая часть потока попадает в муфельный канал 6. В муфельном канале 6 из-за резкого расширения проходного сечения возникает зона пониженного давления с возвратным вихревым движением части потока пылевоздушной смеси на внешней поверхности раскаленного массивного металлического экрана 4. В результате теплового взаимодействия части потока пылевоздушной смеси с внешней поверхностью раскаленного массивного металлического экрана 4 из частиц пыли диффундируют газообразные летучие вещества. При достижении концентрации воспламенения газообразные летучие вещества воспламеняются и,

как следствие, другая часть пылевоздушного потока также воспламеняется с образованием факела.

После воспламенения газообразных летучих веществ тепловой поток от образовавшегося пламени прогревает массивный металлический экран 4, что позволяет снизить мощность электронагревателя 5 либо его выключить. Для предотвращения рассеивания теплоты после воспламенения газообразных летучих веществ во всем объеме основного пылепровода 1 делитель потока 3 служит тепловым экраном.

УДК 669.713.7.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ГАЗООТСАСЫВАЮЩЕЙ СЕТИ КОРПУСА ЭЛЕКТРОЛИЗА

А.С. Потапенко

Научный руководитель Ю.И. Сторожев

Сибирский федеральный университет

Основное назначение газоходных трактов заключается в отводе образующейся при электролизе алюминия пылегазовой смеси от источника образования, подводе запыленного газа к газоочистным установкам и далее к дымовой трубе. Форма, размеры и расположение газоходов существенно влияют на расход электроэнергии для эвакуации газов, работоспособность газоочистных установок в целом и трудозатраты на их обслуживание.

Внутрикорпусные газоходы представляют собой разветвленную сеть металлических трубопроводов. Подкорпусные газоходы располагаются между отметкой ± 0 и отметкой +4 м, на которой установлены электролизеры. Четыре ветви продольных подкорпусных газоходов соединяются с поперечным подкорпусным газоходом, образуя «бригаду». Всего в электролизном корпусе четыре бригады. Под каждым электролизером к продольным газоходам присоединяются по два спуска от горелок, установленных на угловых секциях газосборного колокола.

Существенное значение для эксплуатации газоходных трактов играет расположение продольных подкорпусных газоходов. Наиболее предпочтительной является схема, при которой под каждой ниткой электролизеров проложены два симметричных продольных газохода. При этом горелочные устройства, установленные с глухой стороны электролизера, соединены с одним подкорпусным газоходом, а установленные с прохода корпуса – с другим газоходом. Такое расположение подкорпусных газоходов позволя-

ет уменьшить длину спусков от горелок, а также обеспечить им практически вертикальное положение. Это, в свою очередь, сводит к минимуму зарастание отводящих газопроводов твердыми продуктами, содержащимися в анодных газах.

Однако на практике для упрощения конструкции газоотсасывающей сети и уменьшения ее металлоемкости предпочтение отдано одному продольному газопроводу под каждой ниткой электролизеров. При этом спуски от горелок с глухой стороны имеют большую длину и, соответственно, большее сопротивление.

Недостатком существующих газоотсасывающих сетей является, помимо неравномерности газоотсоса от отдельных электролизеров, полувзвеньев и бригад, низкое разрежение на дальних горелках наиболее удаленных электролизеров крайних бригад от источника разрежения. При низком разрежении пламя в этих горелках или гаснет, или пробрасывает в атмосферу корпуса.

В действующих газоотсасывающих сетях газопроводы 1,2-ой и 3,4-ой бригад электролизеров вначале соединяются попарно последовательно, а затем навстречу друг другу, после чего газы единым потоком от всех четырех бригад направляются в газоочистку (рис. 1). При этом соединительные плечи между бригадами 1,2 и 3,4 неравнозначны по длине. В итоге, при отсутствии регулирования объемов газоотсоса от бригад электролизеров с помощью шиберов, установленных на выходе из бригад, уже на этапе проектирования закладывается неравномерность забора газа от каждой из бригад.

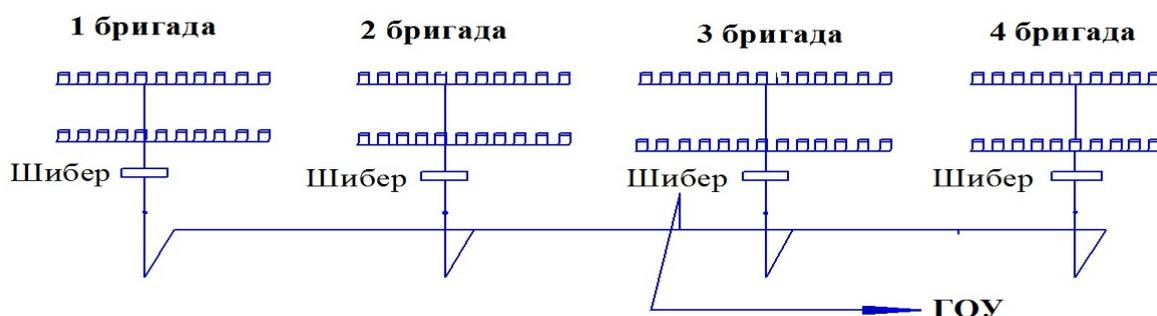


Рис. 1. Действующая схема газоотсасывающей сети корпуса электролиза

Например, на выходе из 2-ой бригады действующей сети разрежение выше, чем из 1-ой бригады, а на выходе из 3-ей бригады разрежение выше, чем из 4-й бригады вследствие разноудаленности от источника разрежения. При этом соответственно больше и объем транспортируемых газов. Отсюда, при одинаковой геометрии полувзвеньев электролизеров, эффективность работы горелочных устройств различна. Согласно контрольным

данным, в корпусе электролиза неудовлетворительно работают до 14 % горелочных устройств.

Регулирование расходов газов от бригад с использованием шиберов весьма проблематично, поскольку необходимо содержать определенные штатные единицы. Поэтому целесообразно минимизировать проблему равного газоотсоса и, соответственно, разрежения, симметричной конструкцией внекорпусной газоотсасывающей сети (рис. 2).

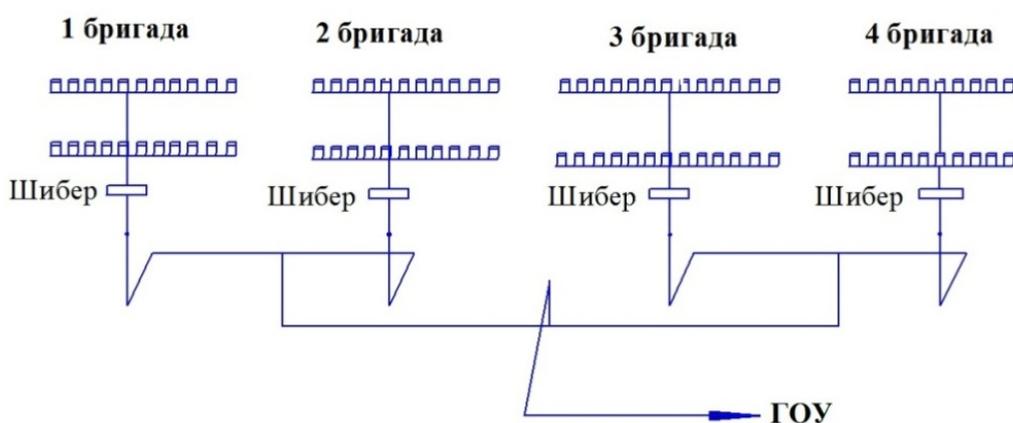


Рис. 2. Реконструированная схема газоотсасывающей сети корпуса электролиза

При симметричной конструкции внешней газоотсасывающей сети повышается разрежение в точке слияния газопотоков от двух смежных бригад, причем точка слияния переносится в сторону крайних 1-ой и 4-ой бригад. Одновременно увеличиваются объемы газоотсоса от крайних бригад, т. е. осуществляется регулирование объемов газоотсоса изменением схем газоотвода. Таким образом, симметричная конструкция внешней газоотсасывающей сети позволяет выровнять разрежение и объемы газоотсоса соответственно от 1-ой и 2-ой бригад, а также от 3-ей и 4-ой бригад. При этом стабилизируется работа горелочных устройств и эффективность термического обезвреживания анодных газов.

Симметричная конструкция газоотсасывающей сети целесообразна не только для ликвидации газящих горелок в конце полузвеньев электролизеров, но и в случае сохранения разрежения на дальних горелках при наращивании количества электролизеров на крайних бригадах. Последнее обусловлено задачей увеличения производства алюминия, решаемой удлинением электролизных корпусов и дополнительной установкой в крайних бригадах нескольких ванн.

Для оценки изменения объемов газоотсоса и сопротивления действующей и реконструированной сети выполнены аэродинамические расчеты для первой и второй бригад корпуса с применением электронных таблиц Excel в условиях выравненных объемов газоотсоса от горелок на полузвеньях электролизеров.

Объемы газоотсоса двух смежных бригад электролизеров могут отличаться на 0,5-1,5 тыс. м³/ч. Выравнивание объемов газоотсоса между бригадами происходит при незначительном повышении сопротивления всей сети. Сопротивление реконструированной сети в зависимости от выровненного объема газоотсоса повышается на 2-10 %. При этом ликвидируются газящие в корпус горелки и стабилизируется работа горелок смежных бригад. Цена повышения стабильности работы горелок и эффективности дожигания вредных составляющих анодного газа при обеспечении симметрии внекорпусных газоходов – увеличение металлоемкости сети по трубам диаметра 1100 мм на 20 т на весь корпус.

На рис. 3 показано изменение сопротивления действующей и реконструированной сети при выравнивании объемов газоотсоса на 600 м³/ч.

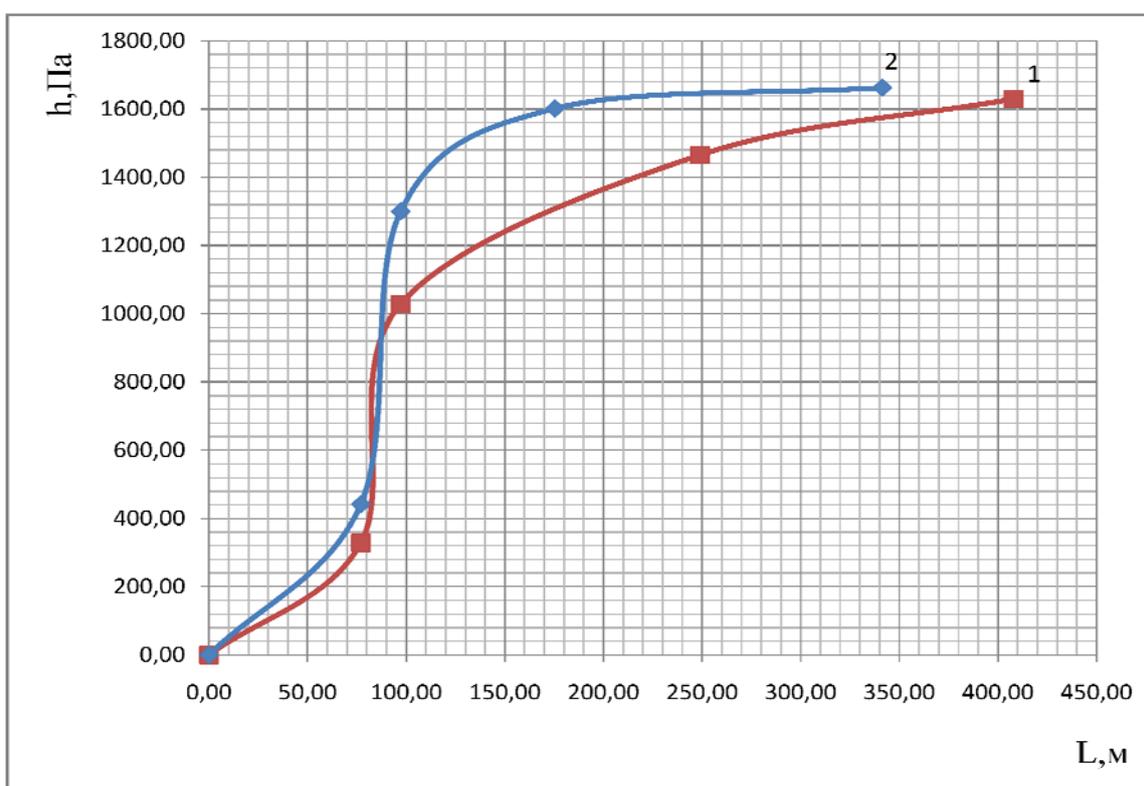


Рис. 3. Изменение сопротивления по длине газоотсасывающей сети:
1 – действующая сеть; 2 – симметричная сеть

Согласно данным рисунка сопротивление сети резко увеличивается в поперечном подкорпусном газоходе, затем заметно нарастает при слиянии газопотоков от 1-ой и 2-ой бригад, а далее незначительно увеличивается до достижения точки слияния газопотоков от всех четырех бригад. Кривая изменения сопротивления симметричной сети выше, чем для действующей сети за счет увеличенного объема газоотсоса от первой бригады и измененной конструкции газоотсасывающей сети второй бригады.

ЗАЩИТА ОТ ПРОМЕРЗАНИЯ ДРЕНАЖА ГИДРООТВАЛА.

С.М. Семушева

Научный руководитель Н.В. Балацкая

Сибирский федеральный университет

Важной проблемой при работе топливно-энергетического комплекса является снижение отрицательного воздействия предприятий на окружающую среду, разработка ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий.

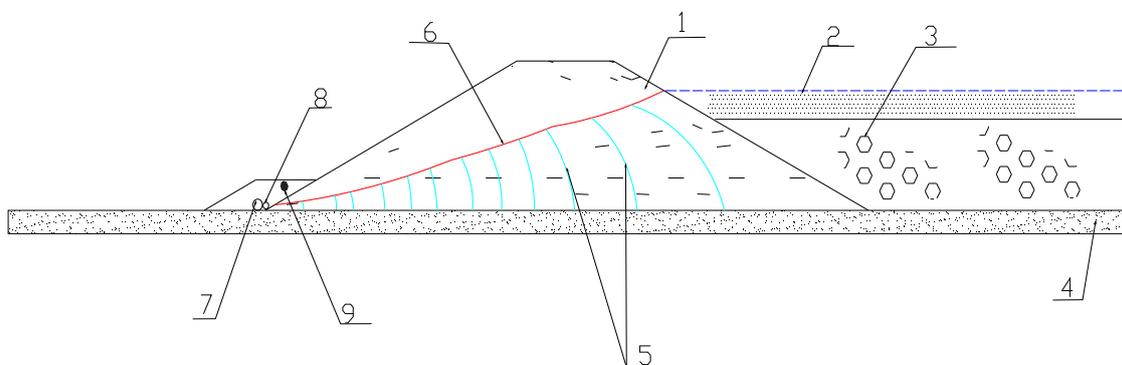
Дренажные устройства имеют важное значение для обеспечения надежности и экологической безопасности накопителей промышленных отходов. Они служат для понижения кривой депрессии в теле ограждающих дамб и повышения устойчивости низового откоса, для предотвращения выхода фильтрационного потока на внешний откос, в частности, в зону сезонного промерзания, для защиты откоса от фильтрационных деформаций, организованного отвода профильтровавшейся воды и перехвата фильтрационного потока, снижения фильтрационного давления, а также для ускорения консолидации намывных отложений и образования из них защитных экранирующих пляжей [1].

При эксплуатации гидроотвала в период отрицательных температур воздуха происходит промерзание внешнего откоса ограждающих конструкций. При достаточной теплоизоляции дренажной системы фильтрационный поток свободно разгружается в незамерзающий дренаж. Крайне неблагоприятный режим эксплуатации гидроотвала формируется при отказе дренажной системы, который возникает при различных условиях, в том числе промерзания дренажа. В таких случаях у подошвы откоса или на гребне ограждающей дамбы образуются нерегулируемые выходы фильтрационного потока и наледи, осложняющие эксплуатацию гидроотвала. Наледи в сочетании с промерзанием сооружения затрудняют выход фильтрационного потока; не имея возможности разгружаться в дренаж, поток оказывает взвешивающее давление на поверхностный мерзлый слой. Как показывают натурные наблюдения, это может привести к выпору мерзлой корки и обрушению ограждающих конструкций.

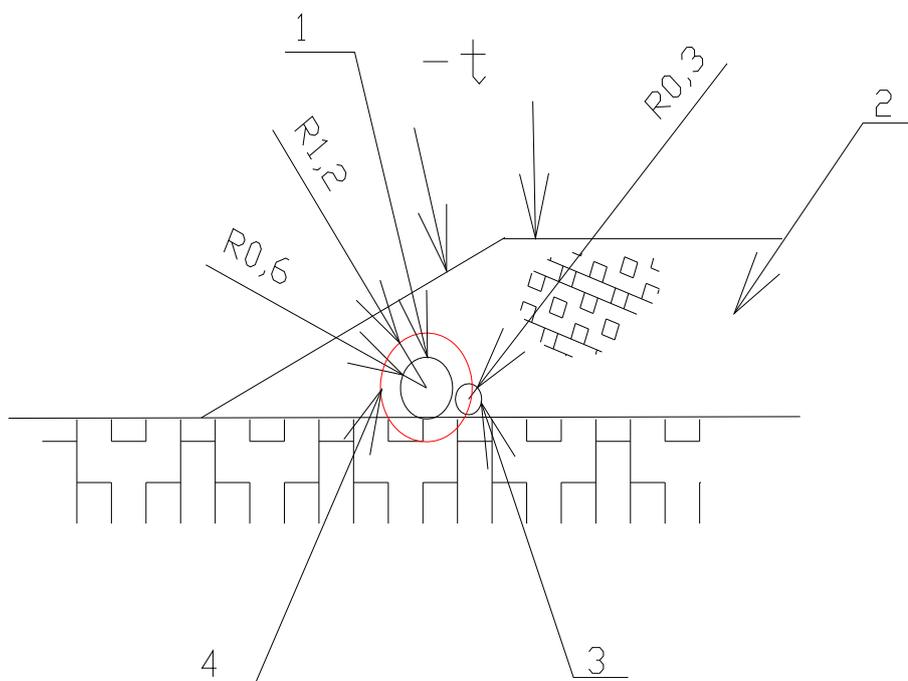
Существуют «сухой» и гидравлический способы складирования промышленных отходов. При гидравлическом способе складирования отходов зола смешивается с водой и по пульпопроводам поступает на гидроотвал.

Известный способ теплоизоляции дренажной системы за счет формирования теплоизоляционного слоя над дренажом не дает должного эф-

факта при особо низких температурах. Предлагаемое техническое решение заключается в использовании высокой температуры водозоловой смеси для защиты от промерзания дренажной системы гидроотвала. Необходимо произвести укладку пульпопровода рядом с дренажом (рис. 1).



а



б

*Рис. 1. Конструкторно-технологическое строение гидроотвала:
 а) инженерно-геологическое строение: 1 – существующая дамба; 2 – вода; 3 – илам;
 4 – водоупор; 5 – линии равных напоров; 6 – кривая депрессии; 7 – пульпопровод; 8 –
 перфорированная дренажная труба; 9 – защитный слой из крупнозернистого мате-
 риала (суглинок); б) дренажная система гидроотвала: 1 – пульпопровод; 2 – защитный
 слой из крупнозернистого материала (суглинок); 3 – дренажная система; 4 – ореол
 оттаивания*

Ореола оттаивания вокруг пульпопровода в зимнее время рассчиты-
 вается по формуле [3]:

$$d_T = \exp \frac{\ln[d_2 + 2(\delta_r + \delta_c)] - 2,8 \frac{t_B}{t_{нач}} \ln d_2}{1 - 2,8 \frac{t_B}{t_{нач}}},$$

где d_T – диаметр оттаивания грунта, м; d_2 – наружный диаметр трубы, м; δ_r – толщина слоя над трубой, м; δ_c – средняя расчетная высота снегового покрова, м; t_B – температура воздуха, град. С; $t_{нач}$ – начальная температура пульпы, град С.

Расчет производился для климатических условий г. Красноярск. Температура на поверхности насыпи для зимнего периода можно принимать равной температуре воздуха, т. е. $t_{п} = t_B = -26^\circ\text{С}$. Коэффициенты теплопроводности грунта насыпи $\lambda_M = 2$ ккал/(м·ч·°С) и $\lambda_T = 1,4$ ккал/(м·ч·°С). Коэффициент теплопроводности снега $\lambda_C = 0,13$ ккал/(м·ч·°С).

Анализируя результаты расчета, получено значение диаметра ореола оттаивания вокруг трубы пульпопровода в зимний период, который составил $d_T = 0,6$ м.

Практически весь дренаж находится в ореоле оттаивания от уложенного пульпопровода. В результате данного технического решения обеспечивается бесперебойная работа дренажной системы в суровых климатических условиях и экономичное использование объема грунта для теплоизоляционного слоя.

Список литературы

1. Кузнецов Г.И., Балацкая Н.В., Озерский Д. А. Накопители промышленных отходов: учебное пособие. – Красноярск: Изд. СФУ. 2008.
2. Сыроев Ю.М., Кузнецов Г.И. Проектирование и строительство золоотвалов. – Энергоатомиздат, 1990.
3. Антонов А.Ф., Велли Ю.Я., Гальперин В.В. Справочник по строительству на вечномёрзлых грунтах. – Стройиздат, Ленинградское отделение, 1977.
4. Огарков А.А., Пантелеев В.Г. Возведение золоотвалов тепловых станций при отрицательных температурах воздуха. Обзорная информация. – М.: Информэнерго, 1992.

ЭНЕРГЕТИКА: ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯ

УДК 621.112

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПЕРЕМЕШИВАНИЕ ЖИДКОГО МЕТАЛА В МИКСЕРАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ

Д.В. Жеденов

Научный руководитель Т.А. Боякова

Сибирский федеральный университет

Одним из перспективных направлений развития технологии производства металлов и сплавов является применение методов силового воздействия электромагнитным полем (ЭМП) на жидкометаллические рабочие среды. К настоящему времени эти методы реализованы в целом ряде устройств (электромагнитные перемешиватели, насосы, дозаторы), принцип действия которых основан на использовании сил, возникающих при взаимодействии бегущего электромагнитного поля, создаваемого электромагнитами, и проводящей среды. Перемешивание расплавленного металла является неизменным звеном технологического процесса в металлургии.

В новой технологии для создания магнитного поля вместо электромагнитов, используются постоянные магниты. Благодаря этому разрабатываемая установка имеет к. п. д. более 70 %, что более чем в 8 раз выше к. п. д. электромагнитных перемешивателей, при этом весогабаритные показатели также существенно ниже.

В МГД-перемешивателях на постоянных магнитах заложена инновационная концепция развития таких устройств. Исходным условием при проектировании является допустимая рабочая температура эксплуатации современных постоянных магнитов, которая может варьироваться от 150 до 450 °С, что значительно выше предельной рабочей температуры электромагнитных катушек (до 120 °С). Такое преимущество позволяет эксплуатировать МГД-перемешиватель с постоянными магнитами на высоких температурах, что приводит к значительному снижению толщины немагнитного зазора между жидким металлом и МГД-перемешивателем (по расчетам с 400 мм до 150 мм), что дает при эксплуатации эффективное перемешивание металла МГД-перемешивателем на постоянных магнитах, со-

поставимое с эффективностью электромагнитных перемешивателей. При этом разрабатываемое устройство будет иметь значительно меньшие массогабаритные показатели (снижение в 4-5 раз) и энергопотребление (снижение в 8-10 раз) по сравнению с существующими аналогами.

Для определения минимального немагнитного зазора было рассчитано механическое напряжение в месте установки перемешивателя, в системе SolidWorks. Прочностной расчет показал, что величина немагнитного зазора может быть уменьшена до 150 мм.

Тепловой расчет в программном пакете ANSYS позволил в поддоне миксера сопротивления подобрать футеровку, которая обеспечит минимальные тепловые потери, что способствует и подбору постоянных магнитов, в данном случае NdFeB, остаточная магнитная индукция которого составляет 1,22-1,26 (Тл), и коэрцитивная сила 907 (кА/м).

Одной из решаемых задач было создание математической модели МГД-перемешивателя. Математическая модель разрабатывалась в программном пакете ANSYS CFX для определения электромагнитных, тепловых и гидродинамических характеристик.

В ходе моделирования были получены характеристики, такие как зависимость скорости вращения жидкого металла от частоты вращения магнитов. График показывает, что скорость металла перемешивателя с постоянными магнитами достигает порядка 0,7 м/с, а индукционные перемешиватели имеют скорость вращения металла 0,7–0,8 м/с.

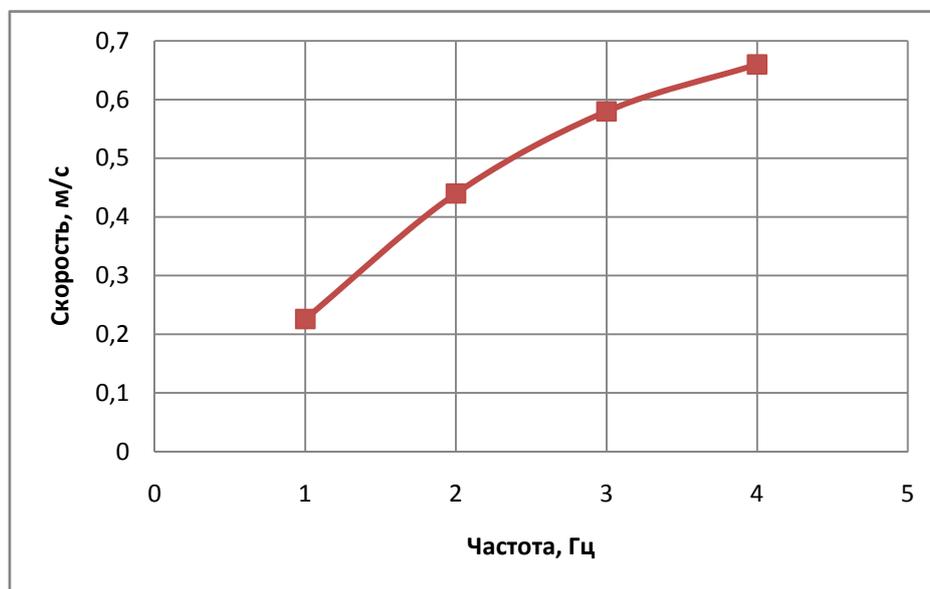


Рис. 1. График зависимости скорости вращения жидкого металла от частоты вращения магнитов

Также получена зависимость скорости вращения жидкого металла от времени (рис. 2), и зависимости температуры жидкого металла от времени (рис. 3).

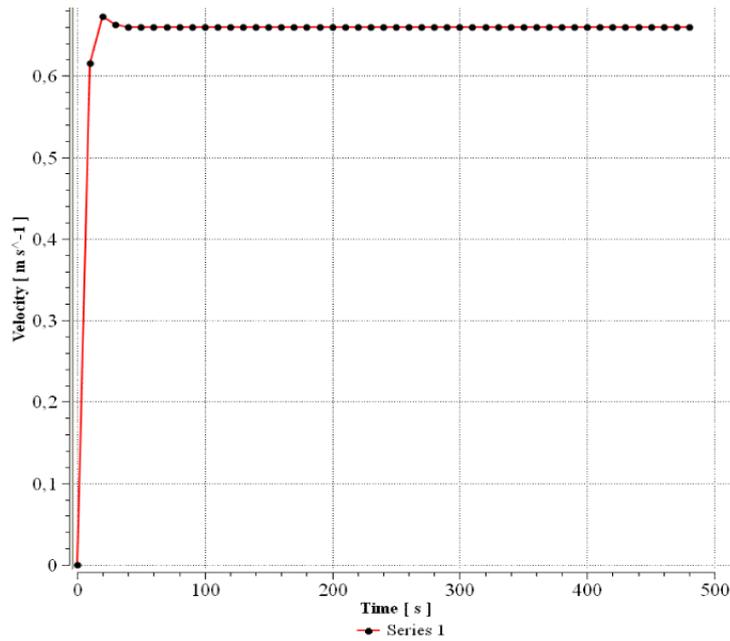


Рис. 2. График зависимости скорости вращения жидкого металла от времени

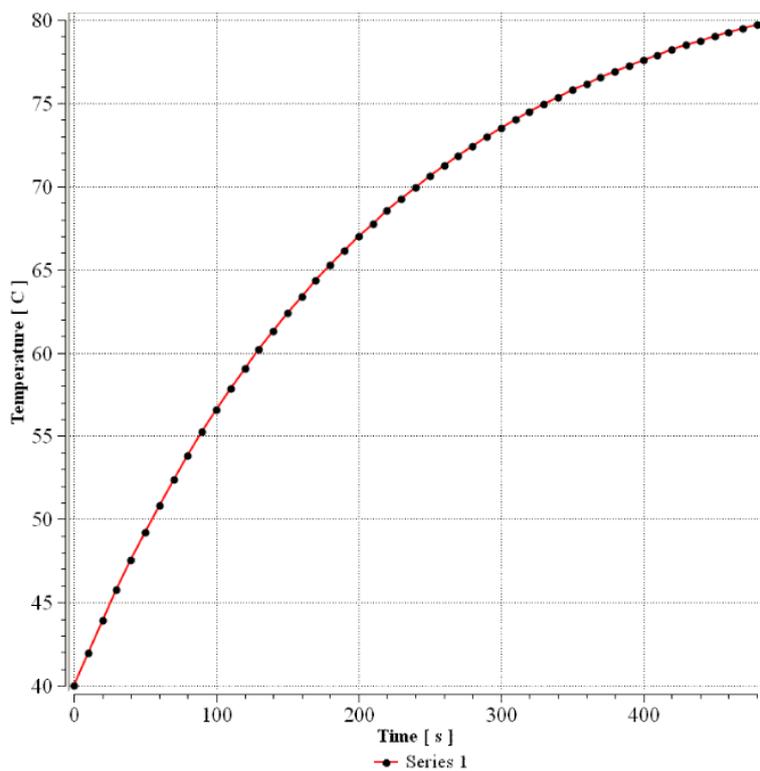


Рис. 3. График зависимости температуры жидкого металла от времени

Полученные основные характеристики позволяют судить о возможности использования МГД-перемешивателя на постоянных магнитах в технологическом комплексе производства сплавов металлов, так как у индукционного МГД-перемешивателя скорость жидкого металла идентична скорости металла создаваемой перемешивателем на постоянных магнитах,

при этом при одинаковой полезной мощности потребляется значительно меньше количество электроэнергии, и к. п. д. устройства увеличился в 2 раза.

УДК 621.313

СИСТЕМА МГД-ДОЗИРОВАНИЯ И ПЕРЕКАЧИВАНИЯ ЖИДКОГО МЕТАЛЛА

П.И. Пряжников, Е.А. Павлов, Д.И. Иванов
Научный руководитель Е.А. Павлов
Сибирский федеральный университет

В настоящее время в промышленности широкое распространение получили методы силового воздействия ЭМП на различные электропроводные среды. Эти методы весьма перспективны для решения целого ряда задач, возникающих на транспорте, в энергетике, металлургии, литейном производстве, химической промышленности и технике физического эксперимента, так как они позволяют осуществить силовое воздействие бесконтактным путем и поддаются автоматизации.

В процессе жидкого алюминия из стационарных миксеров или печей в литейную машину или в изложницы литейного конвейера, существует необходимость поддержания постоянства подаваемого жидкого металла, а также гибкого регулирования его подачи с целью обеспечения стабильных условий литья. В виду того, что скорость разлива из стационарного миксера при полном миксере быстрее в 3.5 раза чем при пустом, необходимо использование МГД дозатора, стабилизирующего разливу. Стабильная скорость истечения металла необходима для получения слитков и чушек, с одинаковой структурой в начале и конце процесса разлива металла из печи. Особенно это актуально для крупногабаритных слитков, где требования к структуре слитка высоки. Для выполнения требования гибкого регулирования подачи жидкого расплава предлагается использовать МГД дозаторы на основе линейных индукционных машин (ЛИМ), использующих поперечный магнитный поток в канале с расплавом.

Разрабатываемое устройство может реализовывать следующие технические режимы: Полное запираание – режим электромагнитного затвора, который необходим для полного перекрытия канала и алюминия поступающего из печи, в необходимых технологических промежутках. Частичное запираание – режим с целью ограничения расхода алюминия, он необходим в начале процесса разлива при полной печи, когда уровень метал-

лостатического давления в печи высокий, а условия литья требуют ограниченной подачи металла на литейную машину. Выкачивание металла – режим с целью увеличения расхода алюминия, который необходим в конце процесса разлива при низком уровне металла, когда давление металлостатического столба недостаточно для создания требуемого напора и подачи расплава алюминия на литейную машину. Перекачивание металла – режим, при котором МГД дозатор работает как насос, перекачивая расплав по присоединяемому к нему металлопроводу в другую печь или емкость.

Данная технология является альтернативной эксплуатируемым на сегодняшний день механическим пикам на основе гидропривода (Франция, Швеция) и МГД-лоткам (Латвия). Механические пики на основе гидропривода зарекомендовали себя у российских литейщиков отрицательно. Пика не всегда достаточно плотно закрывает леточное отверстие из-за налипания алюминия и его окиси на стенках леточного отверстия, кроме того, механическая пика способна только уменьшить скорость течения расплава из миксера, закрывая леточное отверстие, а задача выкачивания расплава остается нерешенной. Установка имеет высокую стоимость, большие габаритные размеры, и требует существенных затрат при реконструкции существующих печей. Также для обеспечения постоянства разлива металла используются поворотные печи, которые очень дороги и требуют полной замены существующих стационарных печей.

Наиболее полную картину физических процессов, протекающих в МГД-устройствах металлургического назначения, можно получить на основе математического моделирования, которое позволяет получить достоверную информацию об объекте с учетом реальных геометрических размеров и свойств. Поэтому при проектировании опытного образца МГД устройства использованы результаты математического моделирования, что позволит добиться энергетической и технологической эффективности, а также надежности в процессе работы машины.

Для определения габаритных размеров и режимов работы МГД-насоса с поперечным потоком был проведен математический анализ электромагнитного поля двух конструкций МГД насосов в программном комплексе ANSYS Emax. Математическая модель МГД дозирующего устройства, в виде сетки конечных элементов, представлена на рис. 1. Эта модель основана на принципе плоских ЛИМ (ПЛИМ). На рис. 2 приведена модель

При построении математической модели принималось следующее:

1) Магнитопровод моделировался средой с относительной комплексной магнитной проницаемостью $\mu = 1500$ и с удельной электропроводностью $\gamma = 0$.

2) Источником ЭМП служила обмотка, в которой задавалась эффективная плотность тока (A/m^2) в комплексном виде, с учетом коэффициента заполнения обмоток.

3) Расплавленный алюминий моделируется средой $\mu = 1$ и $\gamma = \gamma_{Al}$. Движение расплава в канале считается ламинарным.

4) Расчетная область ограничивается краевыми условиями второго рода $H_\tau = 0$ (касательные составляющие напряженности магнитного поля на краях расчетной области равны нулю).

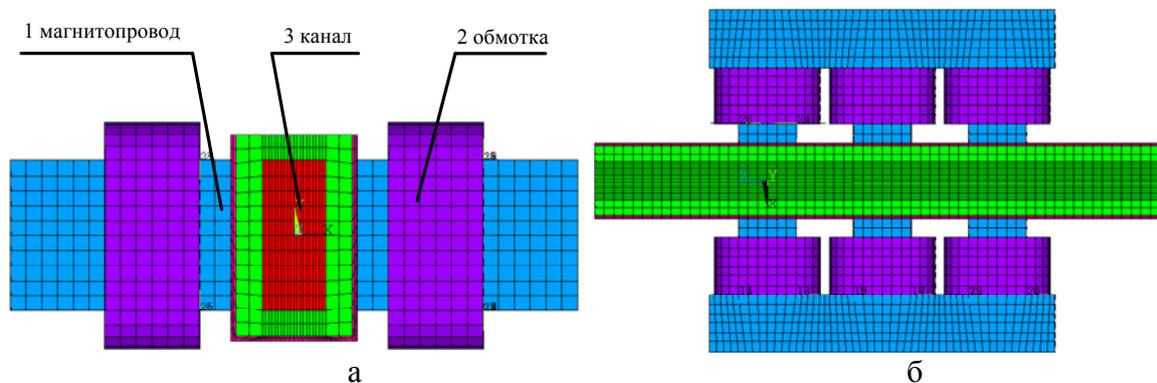


Рис. 1. Математическая модель МГД дозатора на основе плоских ЛИМ
а – вид спереди; б – вид сверху

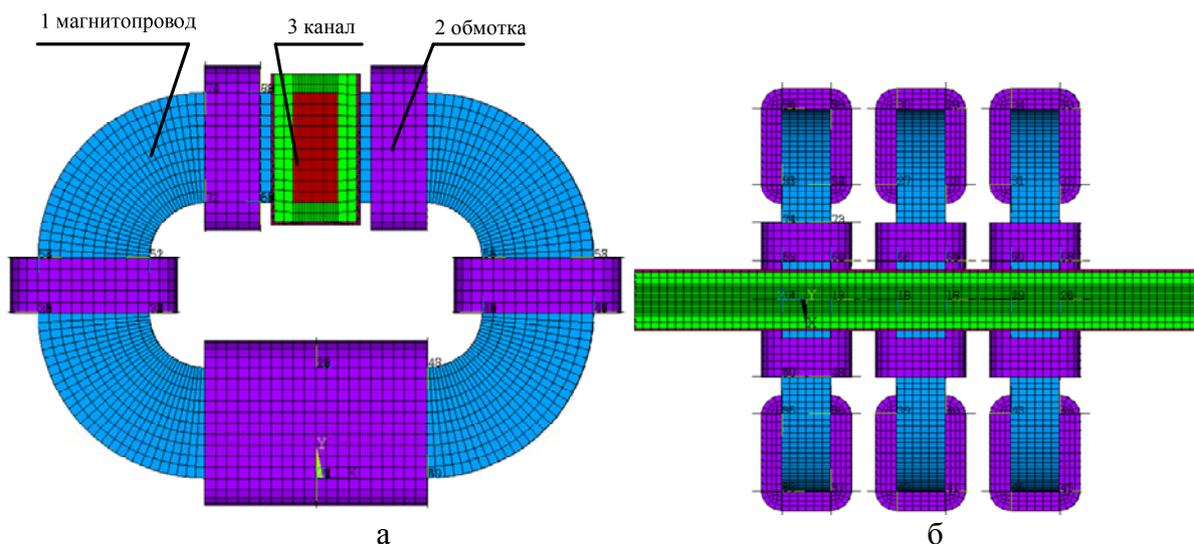


Рис. 2. Математическая модель МГД дозатора с замкнутым магнитопроводом
а – вид спереди; б – вид сверху

В результате анализа были получены интегральные и дифференциальные характеристики устройств. На рис. 3 представлено распределение амплитуды магнитной индукции B в указанных моделях, на частоте 50 Гц.

Распределение амплитуды магнитной индукции B в канале представлено на рис. 4, а на рис. 5 приведено распределение удельной объемной силы Лоренца в канале.

В результате исследования получены зависимости изменения интегральной объемной силы Лоренца F и активной мощности P , выделяемой в

канале от частоты f . Эти зависимости приведены на рис. 6 и на рис. 7 соответственно.

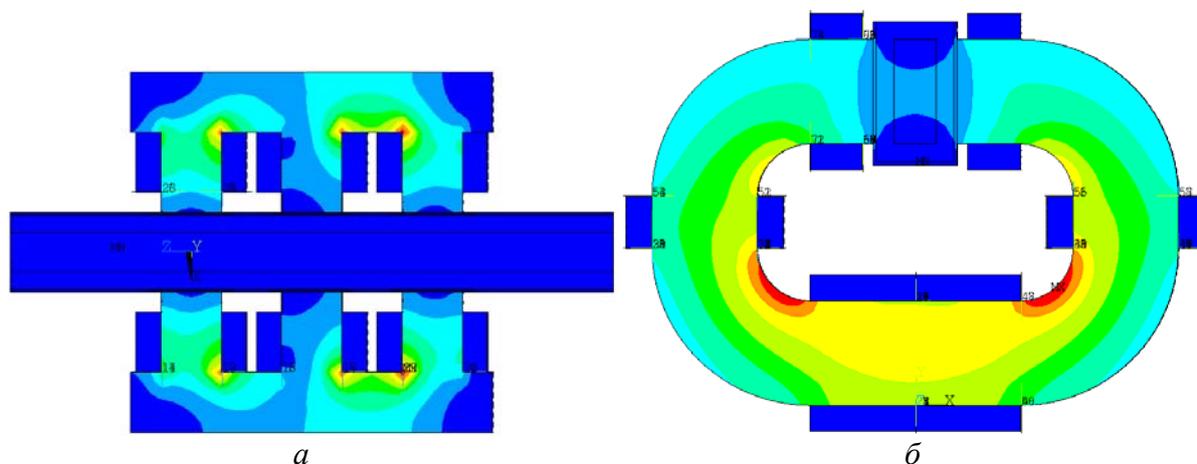


Рис. 3. Распределение амплитуды магнитной индукции в расчетных моделях
 а – МГД дозатор на основе ПЛИМ; б – МГД дозатор с замкнутым магнитопроводом

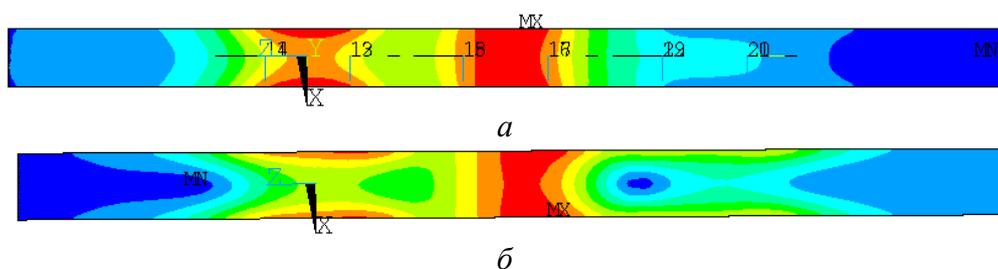


Рис. 4. Распределение амплитуды магнитной индукции в канале
 а – МГД дозатор на основе ПЛИМ; б – МГД дозатор с замкнутым магнитопроводом

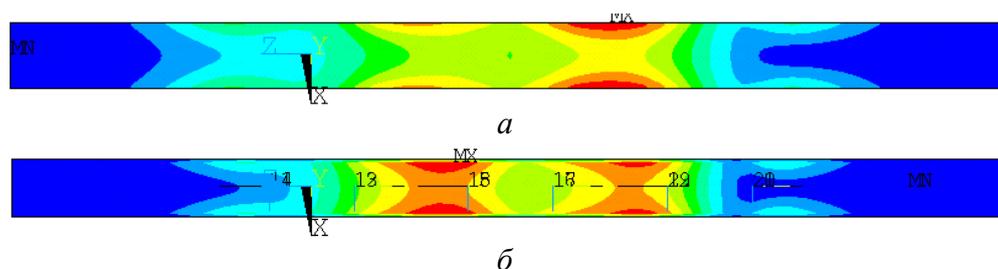


Рис. 5. Распределение удельной объемной силы Лоренца в канале
 а МГД дозатор на основе ПЛИМ; б МГД дозатор с замкнутым магнитопроводом

На рисунке 6, кривая №1 – показывает зависимость изменения интегральной силы F в канале МГД дозатора от частоты f для двух плоских ЛИМ, а кривая №2 – аналогичную зависимость для МГД дозирующего устройства с замкнутым магнитопроводом.

На рис. 7, кривая №1 показывает зависимость изменения активной мощности P , выделяемой в канале от частоты f для двух плоских ЛИМ, а

кривая №2 – аналогичную зависимость для МГД дозирующего устройства с замкнутым магнитопроводом.

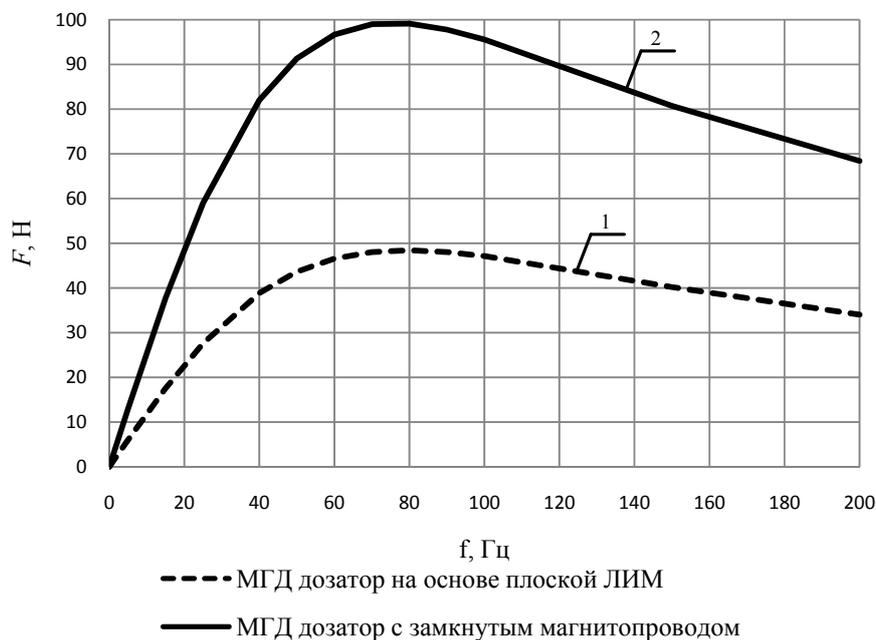


Рис. 6. Зависимость изменения удельной объемной силы в канале от частоты

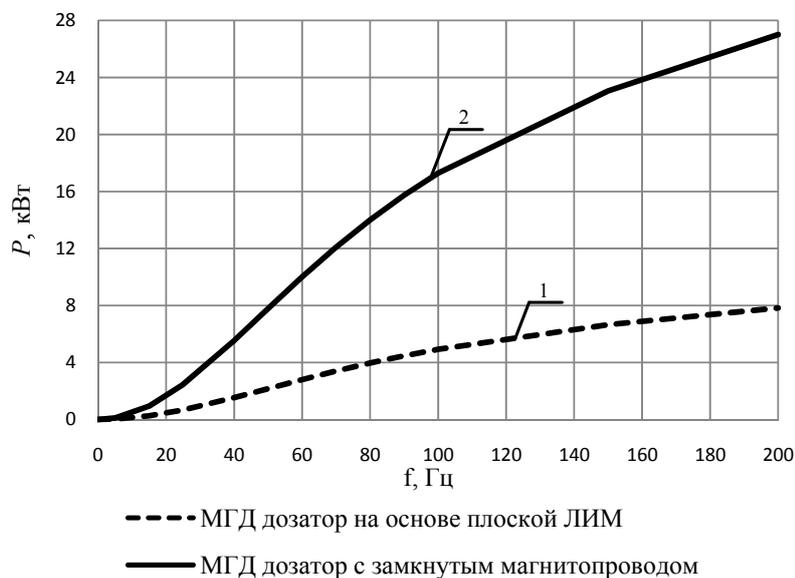


Рис. 7. Зависимость изменения активной мощности в канале от частоты

По результатам математического моделирования был проведен анализ дифференциальных и интегральных характеристик двух типов ЛИМ, описанных выше, при условии одинаковой активной мощности, выделяемой в обмотке. Были определены оптимальные конструктивные параметры устройства на основе ЛИМ с поперечным магнитным потоком и режимы его работы.

ЭНЕРГЕТИКА: ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

УДК 621.316.925.(07)

ПРОГРАММНЫЙ ОРГАН СОПРОТИВЛЕНИЯ В СРЕДЕ PSCAD/EMTDC

А.В. Андреева
Научный руководитель Ю.А. Ершов
Сибирский федеральный университет

Для расчета переходных процессов в электроэнергетической системе и решения задач моделирования релейной защиты в настоящее время применяется программный комплекс PSCAD/EMTDC.

PSCAD представляет собой удобный и многофункциональный графический ин-терфейс, позволяющий пользователю схематично строить сеть из представленных в библиотеке разнообразных моделей элементов электроэнергетической сети (ЭС), выполнять моделирование, анализировать результаты, управлять данными.

EMTDC (сокращенно Electromagnetic Transients including DC) осуществляет все основные расчеты по составлению и расчету дифференциальных уравнений и управлению системой. Ядро EMTDC состоит из трех основных частей: из динамической части, которая включает в себя основную подпрограмму динамических расчетов (DSDYN), подпрограмму вывода (DSOUT), и модуля расчета ЭС. Расчет осуществляется последовательно, через определенный интервал времени, который может составлять 50 мксек.

Расчет параметров энергосистем осуществляется на основе моделей. В программе предусмотрены предварительно запрограммированные и прошедшие тестирование модели от простых пассивных элементов до элементов управления, электрических машин, линий электропередач и кабелей.

Целью представленной статьи является разработка в программном обеспечении PSCAD виртуальной модели органа сопротивления для ступеней дистанционной защиты линии. Исследование и создание программных органов позволяет изменять параметры и конфигурацию вторичной цепи, изменять уставки, проводить испытания.

Разработанная модель органа сопротивления состоит из нескольких блоков, которые были выбраны из библиотеки программы

PSCAD/EMTDC. Алгоритмы программного модуля представляют собой уравнения, которые на комплексной плоскости представляют собой многоугольник, что является полигональной характеристикой. Решения этих уравнений, позволяют определить зону действия защиты.

Функциональная схема цифрового органа сопротивления представлена на рис. 1.

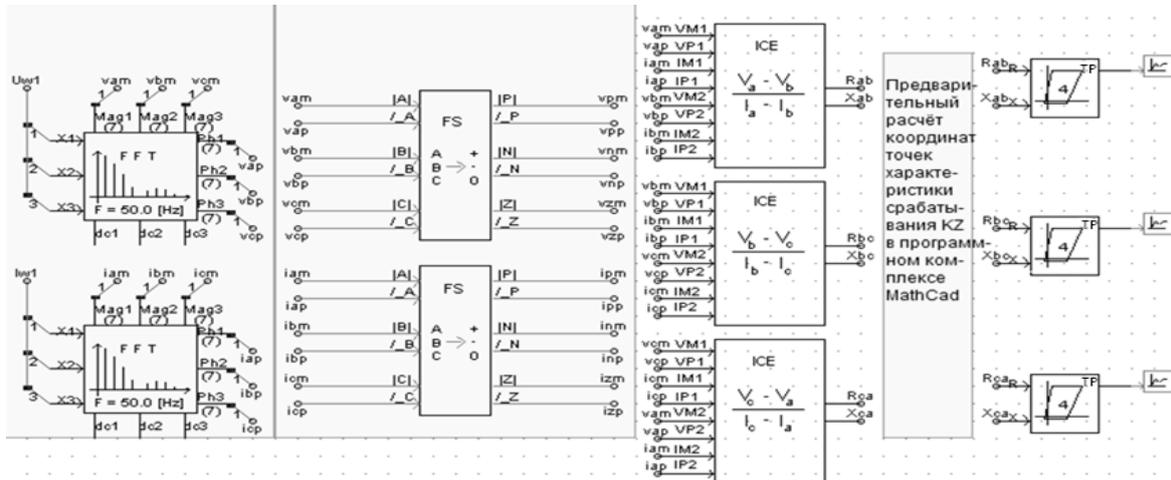


Рис. 1. Функциональная схема органа сопротивления

Модель состоит из следующих элементов:

- блок выделения амплитудного значения и фазы входных величин (FFT);
- блок формирования последовательностей (FS);
- расчётный блок (ICE);
- блок формирования условий срабатывания (TP).

На вход частотных сканеров (FFT) поступают мгновенные значения токов и напряжений линии, в которых происходит выделение амплитудного значения, фазы и постоянной составляющей входных величин.

Блок формирования последовательностей (FS) осуществляет линейное преобразование входных значений амплитуд и фаз токов и напряжений в величины, пропорциональные симметричным составляющим трехфазной системы I_1, I_2, I_0 и U_1, U_2, U_0 в виде модуля и фазного угла.

В расчётном блоке (ICE) происходит определение вида короткого замыкания, путём расчёта сопротивлений при коротких замыканиях на землю («линия-земля») и при междуфазных замыканиях («линия-линия»).

Расчёт сопротивления «линия-земля» осуществляется по следующему принципу:

$$Z_{LG} = \frac{U_{phase}}{I_{phase} + \frac{Z_0 - Z_1}{Z_1} \cdot I_0}, \quad (1)$$

где U_{phase} – фазное напряжение; I_{phase} – фазный ток.

$$I_0 = \frac{1}{3} \cdot (I_A + I_B + I_C), \quad (2)$$

где Z_0 – полное сопротивление нулевой последовательности от места установки реле до конца охраняемой зоны; Z_1 – полное сопротивление прямой последовательности от места установки реле до конца охраняемой зоны.

Расчёт сопротивления «линия-линия» производится по следующей формуле:

$$Z_{LL} = \frac{U_{phase1} - U_{phase2}}{I_{phase1} - I_{phase2}}, \quad (3)$$

где U_{phase} – фазное напряжение прямой и обратной последовательностей; I_{phase} – фазный ток прямой и обратной последовательностей.

Выходное сопротивление выдаётся в прямоугольной системе координат (R и X) и оптимизируется для использования в многоугольной характеристике.

Формирование условий срабатывания заключается в задании координат точек характеристики срабатывания – уставки органа сопротивления (рис. 2, а, б). Для определения уставок была задействована программа Mathcad.

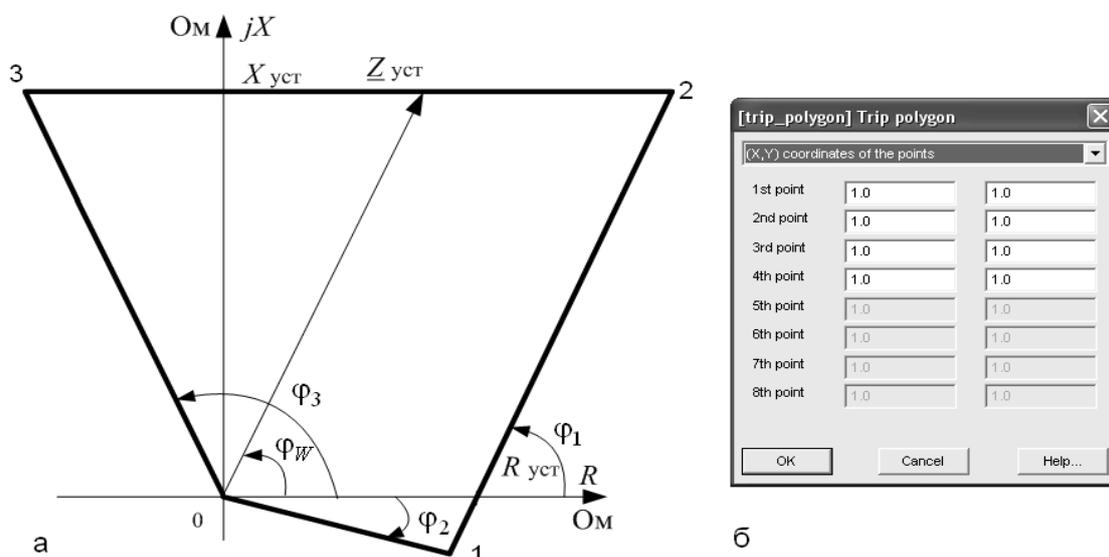


Рис. 2. Характеристика срабатывания органа сопротивления (а) и меню задания точек координат (б)

Mathcad — система компьютерной алгебры из класса систем автоматизированного проектирования, ориентированная на подготовку интерактивных документов с вычислениями и визуальным сопровождением, отличается легкостью использования и применения для коллективной работы. Имеет простой и интуитивный для использования интерфейс пользователя.

Для ввода формул и данных можно использовать как клавиатуру, так и специальные панели инструментов. Систему достаточно удобно использовать для обучения, вычислений и инженерных расчетов. Программа позволяет выполнять численные и символьные вычисления, производить операции со скалярными величинами, векторами и матрицами, автоматически переводить одни единицы измерения в другие.

Расчёт координат точек производится в соответствии со следующим алгоритмом:

Задание исходных данных

Первичное и вторичное сопротивления срабатывания защиты:

$$z_{сз} = Z_1 \cdot e^{j\varphi_1} = A;$$

$$z_{ср} = Z_1 \cdot \frac{k_I}{k_U} = A_1.$$

Сопротивления уставок:

$$x_{уст} = A_1 \cdot \sin \varphi_1 = A_2;$$

$$\varphi_1 = A_3$$

$$R_{уст} = \frac{0,5 \cdot A_1}{\sin \varphi_1}.$$

$$\varphi_2 = A_4$$

$$\varphi_3 = A_5$$

Таблица 1. Расчёт координат точек

Точка 0	Точка 1	Точка 2	Точка 3
$x_0 = 0$	$x_1 = \frac{\tan \varphi_1 \cdot R_{уст}}{\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2}$	$x_2 = \frac{x_{уст}}{\tan \varphi_1} + R_{уст}$	$x_3 = \frac{x_{уст}}{\tan \varphi_3}$
$y_0 = 0$	$y_1 = \frac{\tan \varphi_1 \cdot \tan \varphi_2 \cdot R_{уст}}{\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2}$	$y_2 = x_{уст}$	$y_3 = x_{уст}$

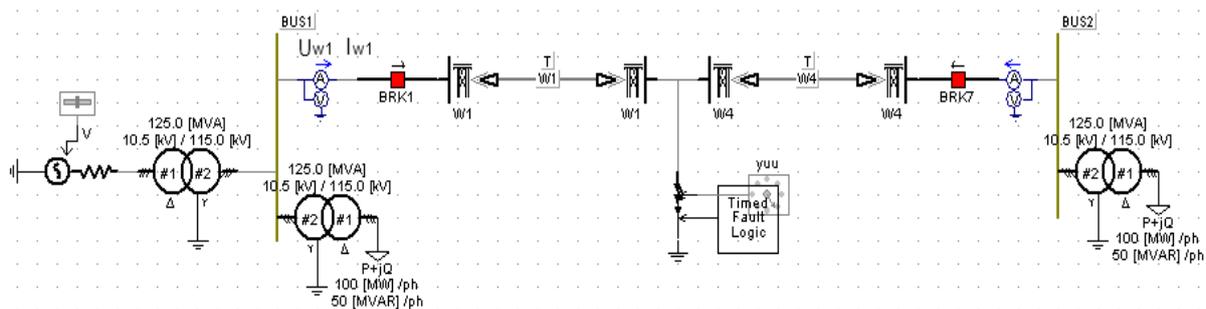


Рис. 3. Принципиальная схема электрической сети

Так как для определения зоны действия органа сопротивления необходимо задать координаты точек характеристики срабатывания, то данная модель может использоваться для различных ступеней дистанционной защиты.

Для испытания модели органа сопротивления была создана специальная модель трёхфазной электрической сети, параметры которой также можно изменять в ходе испытания модели (рис. 3). Модель сети включает

в себя: систему, трансформаторы, выключатели, линию и нагрузки. Необходимые значения напряжения и тока поступают во вторичную цепь от амперметра-вольтметра. Изменение режимов работы электрической сети 110 кВ производилось путем перемещения места короткого замыкания. Момент возникновения и вид аварии определяет пользователь.

Исследование модели:

- 1) Запустить модель электрической сети;
- 2) Получить необходимые параметры тока и напряжения для расчёта уставок;
- 3) Рассчитать уставки дистанционной защиты линии, используя методические указания;
- 4) Выставить уставки в настройках блока, решая уравнения;
- 5) Повторно запустить модель электрической сети и органа сопротивления;
- 6) Исследовать поведение органа сопротивления при различных видах повреждений.

Исследования показали, что при верном расчёте уставок при аварийных режимах происходит срабатывание испытываемой модели.

Таким образом, виртуальная модель органа сопротивления позволяет детально проанализировать процессы, протекающие в цепях релейной защиты, что имеет огромное значение не только для научного, но и для образовательного процесса.

УДК 621.311.1

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СХЕМЫ ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ВАНКОРСКОГО НЕФТЕГАЗОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Н.В. Гиренков

Научный руководитель А.Э. Бобров

Сибирский федеральный университет

Ванкорская группа нефтяных месторождений расположена в северо-восточной части Ямало-Ненецкого автономного округа и северной части Красноярского края. Группа включает в себя Ванкорское, Сузунское, Тагольское, Русско-Реченское и Русское нефтяные месторождения, а также ряд лицензионных участков.

Электроснабжение Ванкорского месторождения осуществляется от собственного источника генерации – Ванкорской газотурбинной электро-

станции (ВГТЭС) и от Тюменской ЭС. Подключение сетей к Тюменской ЭС выполняется с целью повысить надежность электроснабжения объектов месторождения, не допустить возможный дефицит мощности при увеличении электрической нагрузки на развивающихся объектах месторождения. Также энергоисточники Тюменской ЭС будут резервировать генераторы Ванкорской ГТЭС, что позволит избежать серьезных последствий у потребителей при выходе из строя части генераторов ГТЭС.

Схема внешнего электроснабжения Ванкорской группы месторождений на этап 2020 г

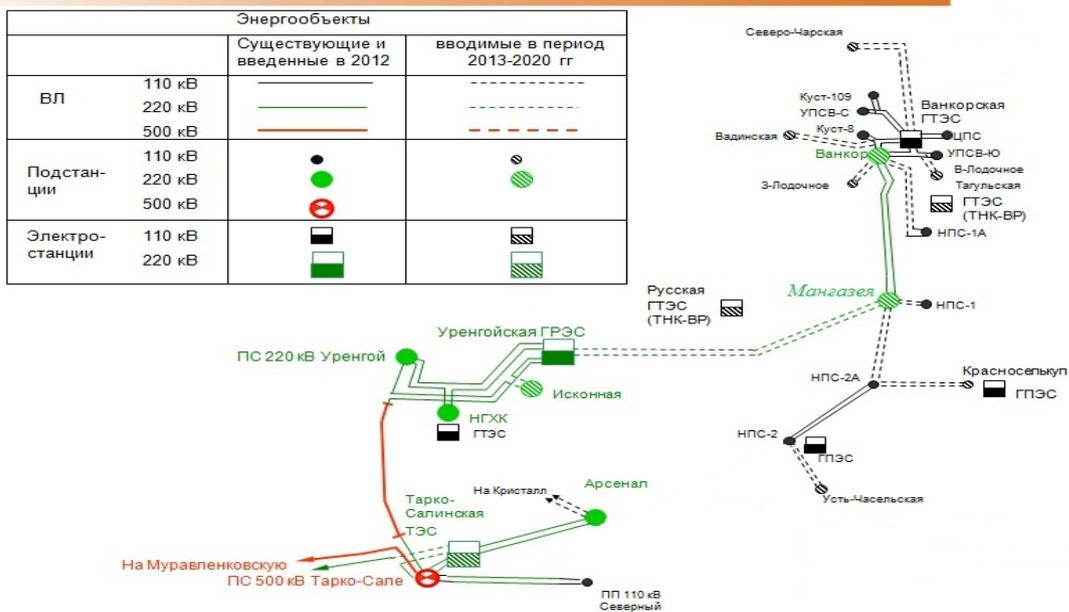


Рис. 1. Схема внешнего электроснабжения Ванкорской группы месторождений с перспективой на 2020 г.

Расчеты электрических режимов проводились для нормальных и послеаварийных режимов. Анализировались следующие режимные схемы:

- зимний максимум нагрузки 2013 г.;
- летний минимум нагрузки 2014 г.;
- зимний максимум нагрузки 2020 г.;
- летний минимум нагрузки 2020 г.

Расчет режимов выполнен с использованием программно-вычислительного комплекса ПВК АНАРЭС.

Они проводились с целью:

- проверки работоспособности сети для перспективного уровня нагрузок;
- определения потокораспределения с целью проверки перегрузки оборудования;

- оценки уровней напряжения;
- определения необходимых средств компенсации реактивной мощности.

Помимо нормальных и послеаварийных режимов рассматривались режимы глубокого сброса нагрузки (до 90 %) в результате возможной лавины напряжения в Ванкорском энергорайоне, а также полный сброс мощности Ванкорской ГТЭС.

Для Уренгойской ГРЭС рассматривались режимы полного отключения энергоблока ПГУ-450 при отключении паросиловой установки и снижении мощности энергоблока ПГУ-450 на 50 %, что происходит при отключении одной газовой турбины.

Режим недо возбуждения (приём реактивной мощности) для генераторов Ванкорской ГТЭС и Уренгойской ГРЭС принят недопустимым, так как он отрицательно влияет на надёжность работы генерирующего оборудования и снижает пределы динамической устойчивости.

В качестве недостатков схемы внешнего электроснабжения Ванкорской группы месторождений можно отнести следующее:

- Электроснабжение ПС Ванкор осуществляется по двухцепной ВЛЭП, что снижает надёжность электроснабжения Ванкорского месторождения.
- Малое использование пропускной способности ВЛ 220 кВ Мангазея – Ванкор в летний минимум нагрузки 2014 г. приводит к загрузке линии зарядной реактивной мощностью.
- Параллельная работа Ванкорской ГТЭС и Тюменской энергосистемы увеличит токи короткого замыкания.
- Значительная длина транзитных линий (338,5 км), питающих Ванкорский энергорайон.

К достоинствам схемы электроснабжения следует отнести следующие особенности:

- Прямая выдача мощности Уренгойской ГРЭС электропотребителям Ванкорского месторождения увеличивает надёжность электроснабжения потребителей, а также уменьшает потери электроэнергии и мощности за счёт отсутствия протяжённого транзита мощности.
- Резервированное электроснабжение потребителей Ванкорского месторождения от двух независимых источников энергосистемы, и наличие Ванкорской ГТЭС, которая может обеспечить электроснабжение наиболее ответственных электропотребителей Ванкорского месторождения, в случае выделения Ванкорского энергорайона на изолированную работу.
- Параллельная работа Ванкорской ГТЭС и энергосистемы позволит улучшить устойчивость и облегчить пуск крупных электродвигателей.
- На летний минимум нагрузки 2014 г. Ванкорский энергорайон является самодостаточным по вырабатываемой и потребляемой мощности, за исключением потребителей ПС НПС-1.

Таблица 1. Уровни напряжения в контрольных точках нормального и аварийного режимов

Наименование	Зимний максимум на- грузки 2013 г.		Летний минимум на- грузки 2014 г.		Зимний максимум на- грузки 2020 г.		Летний минимум на- грузки 2020 г.	
	Нормальный режим	Аварийное отключение АТ на ПС Ванкор и ВЛ 220 кВ Мангазья-Ванкор	Нормальный режим	Аварийное отключение АТ на ПС Ванкор и ВЛ 220 кВ Мангазья-Ванкор	Нормальный режим	Аварийное отключение АТ на ПС Ванкор и ВЛ 220 кВ Мангазья-Ванкор	Нормальный режим	Аварийное отключение АТ на ПС Ванкор и ВЛ 220 кВ Мангазья-Ванкор
Напряжение на шинах подстанции 220 кВ								
ПС Ванкор	230,7	228,8	231,5	230,1	231,4	223,0	230,1	225,1
ПС Мангазья	235,0	235,0	235,0	235,0	235,0	234,0	235,0	235,0
ПС НПС-1А					233,5	227,6	233,2	230,0
Напряжение на шинах подстанции 110 кВ								
ПС Ванкор	118,8	117,4	119,2	117,9	122,3	120,4	120,0	118,4
ПС Куст-8	118,6	117,3	119,0	117,9	121,6	119,8	119,5	118,0
ПС Тихоновская	118,5	117,1	119,0	117,7	121,5	119,74	119,5	117,9
ВГТЭС	118,5	117,3	119,0	117,9	120,9	119,3	119,3	117,9
ПС ЦПС	118,5	117,3	118,9	117,9	120,9	119,3	119,2	117,9
ПС УПСВ-С	117,9	116,7	119,0	117,2	119,8	118,2	118,4	117,0
ПС НПС-1	121,0	121,0	121,0	121,0	121,0	121,0	121,0	121,0
ПС НПС-2					121,0	121,0	121,0	121,0
ПС С. Чарская					121,5	119,6	119,3	117,7
ПС В. Лодочная					121,3	119,4	119,2	117,7
ПС 3. Лодочная					121,8	120,0	119,6	118,8
ПС Вадинская					120,8	119,0	118,8	117,3
ПС Мангазья	121,4	121,4	121,3	121,3	121,5	121,3	121,6	121,6

Таблица 2. Токовая нагрузка ВЛ и загрузка автотрансформаторов

Наименование	Зимний максимум нагрузки 2013 год				Летний минимум нагрузки 2014 год					
	Марка провода, мощность АТ, МВА	Длительно допустимый ток, А	Нормальный режим	Нормальный режим, МВА	Аварийное отключение АТ на ПС Ванкор и ВЛ 220 кВ Мангазья-Ванкор	Марка провода, мощность АТ, МВА	Длительно допустимый ток, А	Нормальный режим	Нормальный режим, МВА	Аварийное отключение АТ на ПС Ванкор и ВЛ 220 кВ Мангазья-Ванкор
Напряжение на шинах подстанции 220 кВ										
УГЭС – Мангазья	АС-240	833	0,09	17,7-19,4	0,09	АС-240	621	0,11	5,9+-j28,5	0,12
Мангазья – Ванкор	АС-240	833	0,08	9+j24,5	0,10	АС-240	621	0,10	1,1-j24,8	0,12
Ванкор – Куст-8	АС-150	593	0,09	4,6+j10,7	0,06	АС-150	442	0,12	0,3+j11,2	0,08
Ванкор – Тихоновская	АС-150	593	0,22	19,9+j18,7	0,20	АС-150	442	0,25	14,4+j17,8	0,21
Ванкор – ВГТЭС 1СШ, 2 сек	АС-240	833	0,05	3,6-j9,0	0,03	АС-240	621	0,10	8,5-j9,6	0,07
Ванкор – ВГТЭС 2СШ, 2 сек	АС-240	833	0,05	3,1-j9,2	0,03	АС-240	442	0,10	8,7-j9,5	0,07
ВГТЭС – ЦПС	АС-240	833	0,25	39,3-j17,1	0,25	АС-240	621	0,28	32,3+j14,9	0,28
ВГТЭС – УПСВ-С	АС-150	593	0,23	25,9-j11,8	0,24	АС-150	442	0,31	25,3+j11,6	0,31
Мангазья – НПС-1	АС-120	500	0,08	8,5-j2,5	0,08	АС-120	369	0,09	7,1-j2,0	0,09
УГЭС – Тарко-Сале	АС-400	1158	0,40	94,3-j9,5	0,40	АС-400	857	0,65	236,1+j2,1	0,65
Надым – Муравленков- ская	АС-400	1158	0,24	111,8-j17	0,24	АС-400	857	0,44	153,5-j12,6	0,44
АТ Мангазья	125	314	0,07	8,4-j1,4	0,07	125	314	0,05	7,0-j1,0	0,05
АТ Ванкор	125	314	0,21	9,0+j24,5	0,26	125	314	0,14	1,1-j24,8	0,24

Таблица 3. Токовая нагрузка ВЛ и загрузка автотрансформаторов

Наименование	Зимний максимум нагрузки 2020 г.						Летний минимум нагрузки 2020 г.					
	Марка провода, МВА	Длительно допустимый ток, А	Нормальный режим	Нормальный режим, МВА	Аварийное отключение АТ на ПС Ванкор и ВЛ 220 кВ Мангазее-Ванкор	Марка провода, МВА	Длительно допустимый ток, А	Нормальный режим	Нормальный режим, МВА	Аварийное отключение АТ на ПС Ванкор и ВЛ 220 кВ Мангазее-Ванкор		
	АС-240	833	0,31	104,9+j26,2	0,32	АС-240	621	0,30	75,3-j22,0	0,31		
УГРЭС – Мангазее	АС-240	833	0,31	104,9+j26,2	0,32	АС-240	621	0,30	75,3-j22,0	0,31		
Мангазее – Ванкор	АС-240	833	0,26	86,6-j18,4	0,53	АС-240	621	0,24	59,3-j9,0	0,48		
Ванкор – Куст-8	АС-150	593	0,44	42,2+j36,4	0,42	АС-150	442	0,43	30,1+j25,1	0,40		
Ванкор – Тихонов- ская	АС-150	593	0,51	50,5+j39,8	0,49	АС-150	442	0,49	35,6+j27,2	0,46		
Ванкор – ВГТЭС 1СШ, 2 сек	АС-240	833	0,21	15,7+j33,5	0,17	АС-240	621	0,15	5,7+j18,7	0,10		
Ванкор – ВГТЭС 2СШ, 2 сек	АС-240	833	0,21	16,3+j33,8	0,17	АС-240	442	0,15	6,1+j18,9	0,10		
ВГТЭС – ЦПС	АС-240	833	0,34	54,8+j24,2	0,35	АС-240	621	0,38	44,6+j19,7	0,38		
ВГТЭС – УПСВ-С	АС-150	593	0,36	39,5+j19,8	0,36	АС-150	442	0,40	32,3+j16,1	0,39		
Мангазее – НПС-1	АС-120	500	0,10	10,3-j2,2	0,10	АС-120	369	0,11	8,4+j0,1	0,11		
Мангазее – НПС-2	АС-120	500	0,04	3,1-j2,9	0,04	АС-120	369	0,08	5,0+j3,6	0,08		
АТ Мангазее	125	314	0,11	13,2-j3,9	0,11	125	314	0,11	13,4-j3,2	0,11		
АТ Ванкор	125	314	0,61	76,6-j4,5	1,27	125	314	0,42	51,5+j9,8	0,84		

Напряжение на шинах подстанции 220 кВ

- Установка в четвертом квартале 2013 г. УШР 220 кВ на ПС Мангазея позволит улучшить управляемость электрическими режимами и снизить вероятность повреждения электрооборудования повышенными напряжениями.

Список литературы

1. Герасименко, А. А. Передача и распределение электрической энергии. [Текст]: учеб. пособие / А. А. Герасименко, В. Т. Федин; Ростов-н/Д.: Феникс. – Красноярск: Издательские проекты, 2006. – 720 с.
2. Неклепаев, Б. Н. Электрическая часть электростанций и подстанций: справочные материалы для курсового и дипломного проектирования [Текст]: учеб. пособие для вузов / Б. Н. Неклепаев. И. П. Крючков. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.
3. Журнал «Экономическое обозрение» №5, август 2008;
4. Общероссийский специализированный В2В-журнал «Энергетическая стратегия» №1.

УДК 621.31

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКСТРЕМАЛЬНОГО РЕГУЛЯТОРА В АВТОНОМНЫХ СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

О.А. Донцов

Научный руководитель Ю.В. Краснобаев

Сибирский федеральный университет

Удорожание стоимости ископаемых энергоносителей, произошедшее за последние десятилетия, привело к существенному повышению стоимости электроэнергии. В свою очередь это привело к интенсификации работ по совершенствованию характеристик солнечных элементов и наращиванию объемов их производства. Так с 1990 г. и по настоящее время суммарная мощность солнечных элементов и батарей на их основе, производимых за год, увеличилась более чем в 500 раз. Увеличение объемов производства при одновременном снижении стоимости солнечных батарей (СБ) привело к тому, что использование солнечной энергии стало реальной альтернативой ископаемым источникам энергии.

Поскольку генерирование энергии посредством СБ происходит в светлое время суток, а используется электроэнергия круглосуточно, то параллельно СБ подключается аккумуляторная батарея (АБ). При этом происходит недоиспользование мощности СБ на величину ΔP , достигающее

15-30 % от максимальной [1] из-за того, что при параллельном включении СБ и АБ напряжение $U_{СБ}$ на выходе СБ поддерживается равным напряжению $U_{АБ}$ на АБ, и меньшим напряжения $P_{СБ,max}$ на выходе СБ при максимальной мощности СБ. На рис. 1 приведены внешняя и мощностная характеристики СБ, поясняющие недоиспользование мощности СБ на величину ΔP .

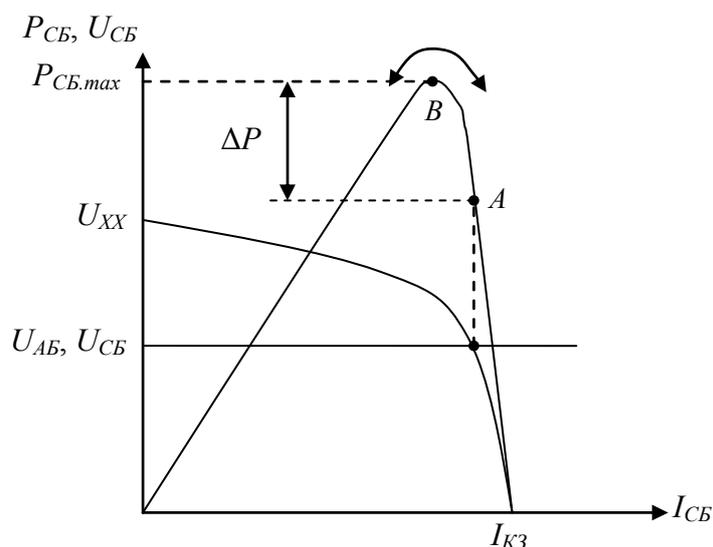


Рис. 1. Внешняя и мощностная характеристики СБ

В связи с чем актуальной задачей является разработка системы электропитания (СЭП) на основе СБ, в которой обеспечивается аккумулирование электроэнергии и исключается недоиспользование мощности СБ.

Решить эту задачу можно, выполнив СЭП в соответствии с функциональной схемой, приведенной на рис. 2. В состав СЭП кроме СБ, АБ и нагрузки Н входит экстремальный регулятор (ЭР), выполненный в виде конвертора понижающего типа, датчики тока ДТ1 и ДТ2, измеряющие, соответственно, выходной ток конвертора и ток АБ. Устройство управления (УУ) конвертором выполняет ряд функций:

- поиск точки экстремума на мощностной характеристике СБ и работу конвертора в режиме отбора экстремальной мощности СБ;
- ограничение величины зарядного тока АБ;
- снижение зарядного тока при достижении заданного напряжения АБ;
- индикация разряда АБ.

Структурная схема УУ, обеспечивающего выполнение заявленных функций, приведена на рис. 3 и состоит из аналого-цифрового преобразователя (АЦП), микроконтроллера (МК) и драйвера силового ключа (ДК) конвертора.

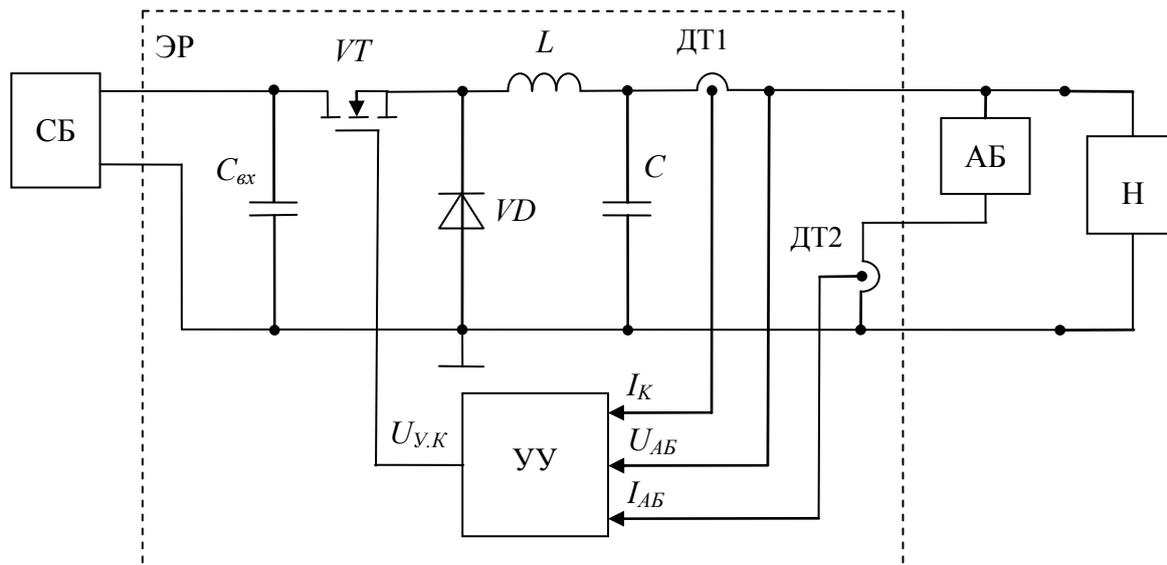


Рис. 2. Функциональная схема СЭП

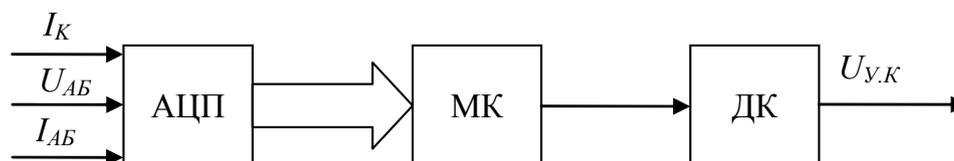


Рис. 3. Структурная схема УУ

Рассмотрим работу УУ в наиболее сложном режиме поиска и поддержания экстремума мощности СБ. В этом режиме посредством МК периодически осуществляется вычисление текущей мощности системы: СБ – конвертор путем перемножения выходного тока I_K конвертора и напряжения U_{AB} АБ. После измерения текущей мощности системы производится её запоминание и на следующем периоде поиска экстремума посредством МК производится изменение коэффициента заполнения импульсов управления силовым ключом конвертора. Это приводит к изменению выходного тока конвертора и положения рабочей точки на внешней и мощностной характеристиках СБ. После чего посредством МК вновь осуществляется вычисление текущей мощности системы и её сравнение с запомненной на предыдущем периоде. В случае прироста мощности производится увеличение коэффициента заполнения импульсов управления силовым ключом конвертора, а в случае снижения мощности системы производится уменьшение коэффициента заполнения импульсов управления силовым ключом конвертора. Таким образом после достижения экстремума мощности системы производятся постоянные поисковые движения, приводящие к колебаниям рабочей точки относительно точки B экстремума мощности СБ (рис. 1).

Для проверки работоспособности рассмотренного алгоритма поиска экстремальной мощности в среде OrCAD была разработана имитационная модель СЭП в соответствии с функциональной схемой, приведенной на рис. 2. На рис. 4 приведены временные диаграммы, полученные с использованием имитационной модели СЭП. До момента времени t_1 мощность нагрузки незначительна, и конвертор ЭР работает в режиме ограничения зарядного тока АБ. При этом выходной ток $I_{СБ}$, мощность $P_{СБ}$ и входной сигнал $U_{ШИМ}$ поддерживаются на некотором фиксированном уровне.

В момент времени t_1 происходит ступенчатое увеличение тока нагрузки, приводящее к появлению тока разряда АБ, что свидетельствует о недостатке мощности, генерируемой СБ. При этом МК начинает работать в режиме поиска экстремума в соответствии с рассмотренным алгоритмом. Поэтому выходной ток $I_{СБ}$, мощность $P_{СБ}$ и входной сигнал $U_{ШИМ}$ начинают ступенчато изменяться. К моменту времени t_2 рабочая точка на мощностной характеристике СБ приходит в окрестность точки максимума мощности, и начинаются поисковые движения, приводящие к колебаниям рабочей точки относительно точки B экстремума мощности СБ (рис. 4).

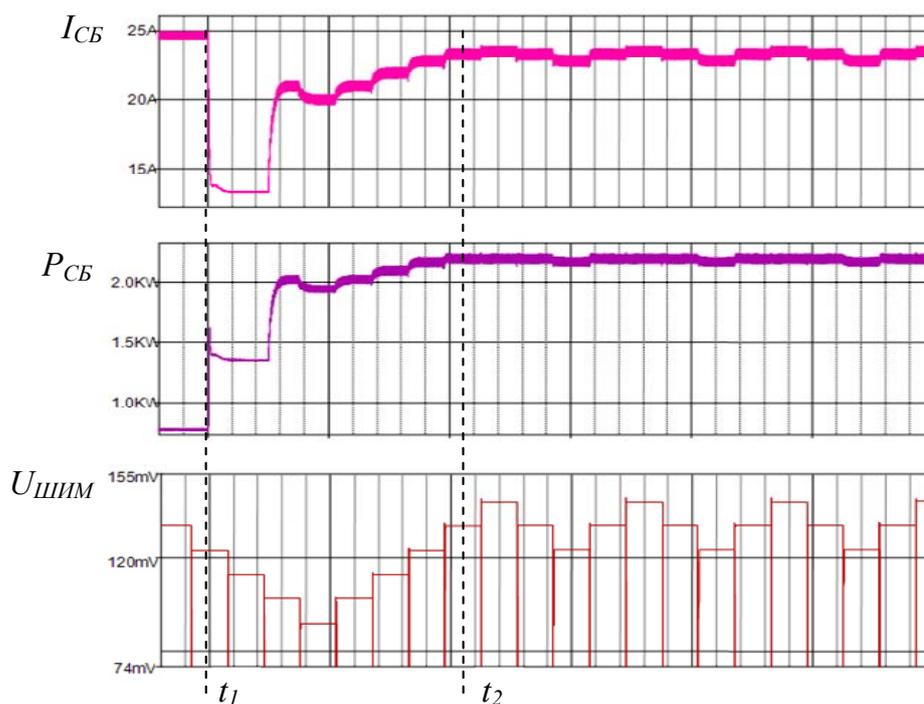


Рис. 4. Временные диаграммы процессов с СЭП

Исследования СЭП, проведенные с использованием её имитационной модели, подтвердили работоспособность предложенного алгоритма поиска экстремальной мощности системы: СБ – конвертор. Кроме того, результаты исследования СЭП подтвердили ее работоспособность в остальных заявленных режимах работы.

Список литературы

1. Соустин Б.П., Иванчура В.И., Чернышев А.И., Исляев Ш.Н. Системы электропитания космических аппаратов. – Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма, 1994. – 318 с.

УДК 620.9

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РАБОТЫ С ПРИБОРАМИ УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ

И.А. Павлов, С.А. Темербаев
Научный руководитель В.П. Довгун
Сибирский федеральный университет

Введение

Энергосбережение и энергоэффективность является приоритетной программой развития экономики России. В рамках этого направления в энергетической отрасли происходит переход от интегральных приборов учета к интервальным. Традиционные (интегральные) приборы учета измеряют только общее количество потребленной электроэнергии (ЭЭ), не предоставляя информации о том, в какой момент времени какое количество было потреблено. Интеллектуальные (интервальные) приборы учета электроэнергии позволяют осуществлять более детальный учет энергоресурсов (фиксировать «приращение» потребления электроэнергии за каждые 30 минут) определять основные параметры сети и качества ЭЭ, а наличие цифровых интерфейсов позволяет использовать их в составе систем АИИС КУЭ.

Все эти функции позволяют проводить мониторинг потребления и, следовательно, управлять потреблением ЭЭ, снижая излишний расход ресурсов.

Кроме того, они обладают возможностью многотарифного учета, т. е. стоимость потребленной ЭЭ зависит от времени суток и времени года. Дифференцирование тарифов решает сразу несколько задач:

- стимулирует конкуренцию на рынке ЭЭ, предоставляя потребителю возможность выбора наиболее выгодного поставщика;
- стимулирует энергосбережение и энергоэффективность;
- решает задачу более точного учета ЭЭ и мониторинга баланса между производством и потреблением;

- повышает надежность энергосистемы, предоставляя потребителям возможность получать более дешевую электроэнергию в ночное время, тем самым разгружая энергосистему днем и в часы максимума.

Интеллектуальные приборы учета имеют достаточно высокую стоимость, поэтому в основном их устанавливают крупные потребители и предприятия промышленного сектора.

Данные об энергопотреблении могут автоматически поступать на сервера сбора данных (в случае если счетчики входят в состав системы АИИС КУЭ), либо считываться со счетчика вручную с помощью ноутбука и специального программного обеспечения (ПО), а затем загружаться на сервер для дальнейших расчетов и аналитики. К основным недостаткам ручного опроса относятся:

1. Уникальность электросчетчиков разных производителей; считать данные невозможно без специализированного ПО для конкретного типа прибора учета.

2. Возникают трудности с обучением персонала работе с программным обеспечением.

3. Выезжающему персоналу необходимо иметь при себе ноутбук с установленным и настроенным ПО.

Для решения вышеперечисленных недостатков было разработано программное обеспечение «Inquirer» для мобильных устройств на платформе Windows Mobile.

Обзор программного обеспечения



Рис. 1. Коммуникатор Getac PS236

Тестирование разработанного программного обеспечения производилось на промышленном коммуникаторе Getac PS236, функционирующем на платформе Windows Mobile 6.1 Professional (рис. 1). Особенностью промышленного коммуникатора Getac PS236 является наличие COM порта, к которому подключается инфракрасный или оптический преобразователь (УСО-1) для сопряжения со счетчиком ЭЭ по интерфейсу RS-232. Обмен данными между прибором учета и коммуникатором осуществляется по протоколу ГОСТ Р МЭК 61107-2001 «Обмен данными при считывании показаний счетчиков, тарификации и управлении нагрузкой. Прямой и локальный обмен данными». Этот стандарт поддерживает

большинство современных типов электросчетчиков, например таких как CE30x, EPQS, НЕВА МТ123, Ф669М, ЦЭ6850М и т. д.

Программное обеспечение предоставляет пользователю несколько режимов работы: быстрый опрос и комплексный (рис. 2, а). Быстрый опрос позволяет сразу начать работу со счетчиком, сохранение считанных данных в этом случае возможно только в XML файл. Комплексный опрос использует базу данных Microsoft SQL Server Compact 3.5 для устройств Windows Mobile. В базу загружается информация по энергообъектам и точкам учета. «Inquirer» предоставляет пользователю возможность навигации по базе абонентов, а также возможность редактирования информации на случай оперативного добавления/удаления потребителя или точки учета (рис. 2, б).

Для каждой точки учета предоставляется рабочая область, содержащая функционал работы с прибором учета. В меню настроек пользователю доступна настройка параметров COM порта, а также возможность установить количество перезапросов (рис. 2, в). Рабочая область представляет поля для ввода связного номера устройства и пароля, а также три вкладки: «Общие», «Профиль» и «Программирование», которые становятся доступными после установки соединения со счетчиком и авторизации.

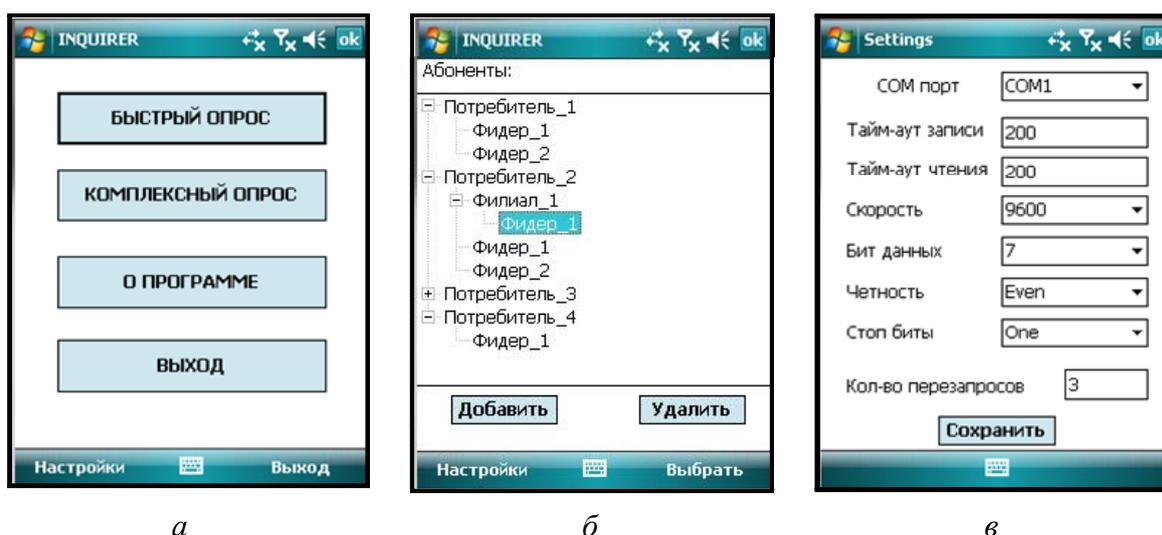


Рис. 2. а – главное окно программы; б – окно навигации; в – окно настроек

Вкладка «Общие» содержит основную информацию, считанную с прибора учета (рис. 3, а). На вкладке «Профиль» пользователь может выбрать временной интервал и считать за него профиль нагрузки и показания счетчика (рис. 3, б). Вкладка «Программирование» позволяет включить/выключить переход часов на зимнее/летнее время, установить дату, сменить коэффициенты трансформации (рис. 3, в).

При выполнении какой-либо операции пользователю выводится строка состояния, отображающая прогресс выполнения задачи (рис. 4, а). При возникновении ошибок в ходе работы пользователь получает соответствующее уведомление.

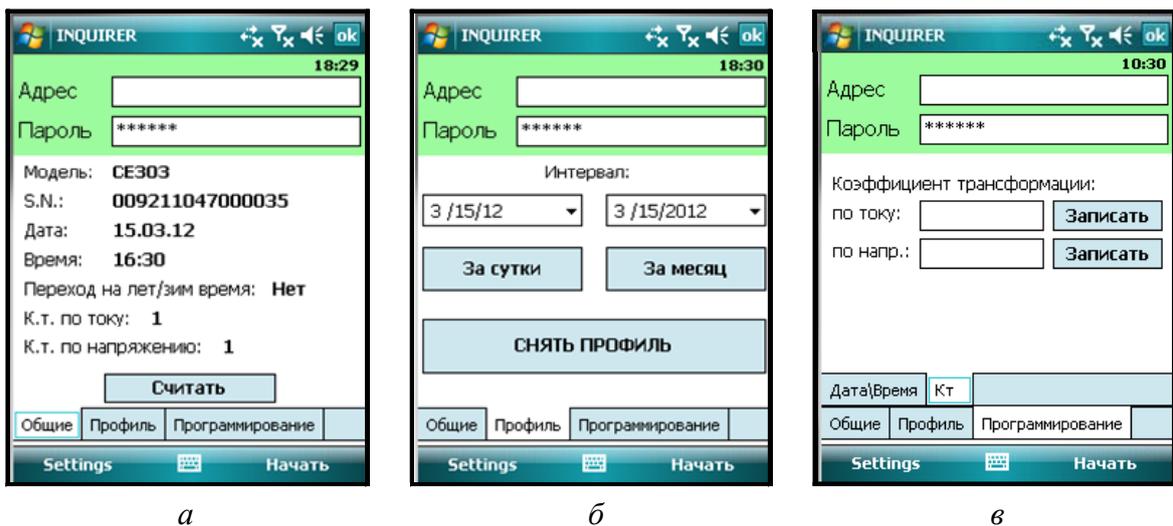


Рис. 3. а – вкладка «Общие»; б – вкладка «Профиль»; в – вкладка «Программирование»

Данные, считанные с прибора учета, могут быть сохранены как в базу данных, так и в XML файл. При сохранении в XML файл, пользователю предоставляется выбор необходимого формата, на данный момент «Inquirer» поддерживает два: формат XML отчета ПО «Пирамида-2000» и формат, установленный требованиями организации ОАО «Красноярскэнергосбыт». После выбора формата пользователю предлагается ввести информацию по энергообъекту и точке учета (рис. 4, б).

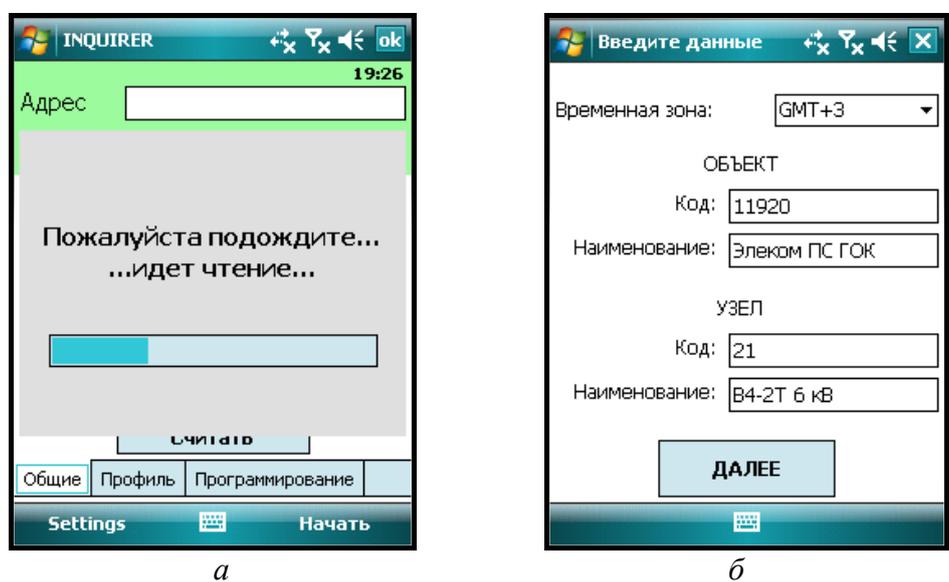


Рис. 4. а – строка состояния; б – окно ввода информации по энергообъекту

Краткая характеристика программного обеспечения «Inquirer»:

- При разработке использовались классические подходы объектно-ориентированного программирования. Исходный код программы выполнен на языке C#.

- Модульный принцип разработки: все функции работы с конкретной моделью ПУ вынесены в отдельную библиотеку динамической компоновки (*.dll). Таким образом, для добавления поддержки новой модели прибора учета нет необходимости менять исходный код, достаточно добавить только библиотеку.

- Данные, считанные с прибора учета, автоматически сохраняются в базе данных (SQL Server Compact 3.5) с возможностью последующей репликации с основной БД.

- Автоматическая синхронизация времени; после снятия профиля, если расхождение во времени между устройством и прибором учета менее 30 сек, то синхронизация происходит автоматически, если более, то запрашивается разрешение пользователя на корректировку времени.

- Данные, считанные с прибора учета, на месте могут быть переданы через GPRS канал в энергосбытовую организацию.

Заключение

Разработанное программное обеспечение «Inquirer» для работы с приборами учета электрической энергии используется для программирования, снятия показаний и профилей нагрузки со счетчиков в ОАО «Красноярскэнергосбыт».

Основными достоинствами использования ПО «Inquirer» являются:

- простота и удобство в использовании; вся работа сводится к нажатию нескольких кнопок;

- универсальность; независимо от производителя прибора учета, порядок действий не изменяется. Нет необходимости каждый раз обучать персонал для работы с новым типом счетчика;

- эргономичность; у персонала нет больше необходимости брать на выезд ноутбук.

В рамках дальнейшего развития программного обеспечения планируется:

- увеличение количества типов поддерживаемых приборов учета;

- расширение функциональных возможностей программы;

- создание динамического интерфейса (в зависимости от типа прибора учета);

- добавление возможности работы с УСПД (устройство сбора и передачи данных).

Разработка «Inquirer» показала, что перенос инструментов операторов АИИС на мобильные платформы имеет огромные перспективы. Создание многофункционального и отказоустойчивого мобильного комплекса, а также его надежной связи с основным центром сбора и обработки данных позволит оперативно решать задачи по учету энергоресурсов. Использование производственных мобильных устройств в ударопрочном корпусе

дает возможность быстро, просто и удобно работать в любых условиях окружающей среды, не заботясь о сохранности оборудования и целостности данных.

УДК 537.3

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ В ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИИ НА ПРИМЕРЕ КОНТРОЛЛЕРА ARDUINO

С.О. Пирожков

Научный руководитель И.В. Коваленко

Сибирский федеральный университет

Arduino — это электронный конструктор и удобная платформа быстрой разработки электронных устройств для новичков и профессионалов. Платформа пользуется огромной популярностью во всем мире благодаря удобству и простоте языка программирования, а также открытой архитектуре и программному коду. Устройство программируется через USB без использования программаторов.

Arduino позволяет компьютеру выйти за рамки виртуального мира в физический и взаимодействовать с ним. Устройства этой на базе могут получать информацию об окружающей среде посредством различных датчиков, а также могут управлять различными исполнительными устройствами.

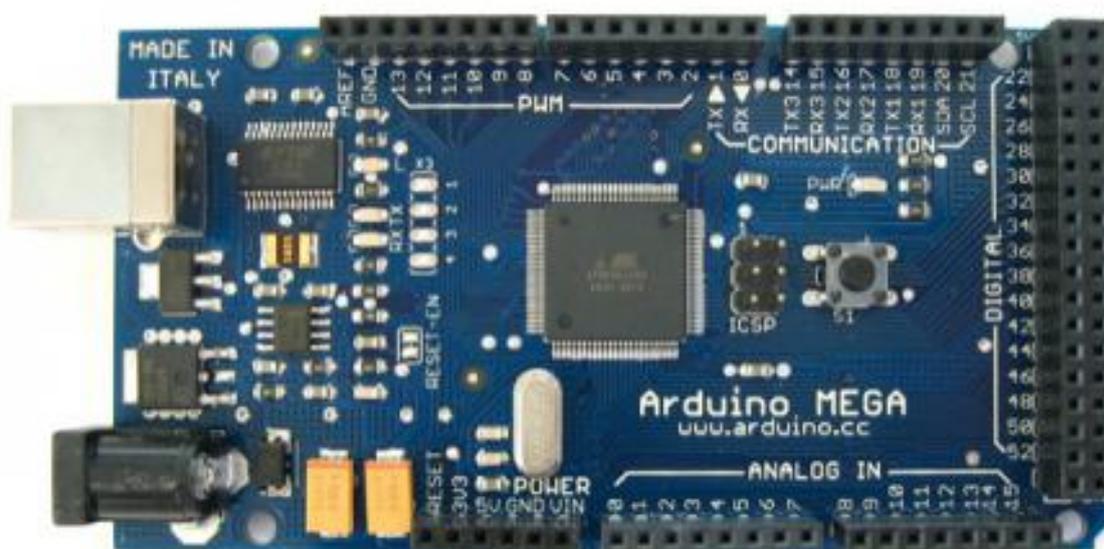


Рис. 1. Общий вид микроконтроллера

Arduino – это инструмент для проектирования электронных устройств более плотно взаимодействующих с окружающей физической средой, чем стандартные персональные компьютеры, которые фактически не выходят за рамки виртуальности. Arduino применяется для создания электронных устройств с возможностью приема сигналов от различных цифровых и аналоговых датчиков, которые могут быть подключены к нему, и управления различными исполнительными устройствами. Проекты устройств, основанные на такой платформе, могут работать самостоятельно или взаимодействовать с программным обеспечением на компьютере. Платы могут быть собраны пользователем самостоятельно или куплены в сборе.

В качестве примера энергосбережения можно привести поворотный механизм автоматического слежения за солнцем.

Как известно, КПД солнечной панели максимально при попадании на нее прямых солнечных лучей. Но т. к. солнце постоянно движется по горизонту, то КПД солнечных батарей сильно падает, когда солнечные лучи падают на панель под углом. Чтобы повысить КПД солнечных панелей, применяются системы следящие за солнцем и автоматически поворачивающие солнечную панель для попадания прямых лучей.

Суть данного устройства довольно проста: по двум датчикам контроллер заставляет серводвигатель поворачивать платформу с солнечной батареей в ту сторону, где больше света.

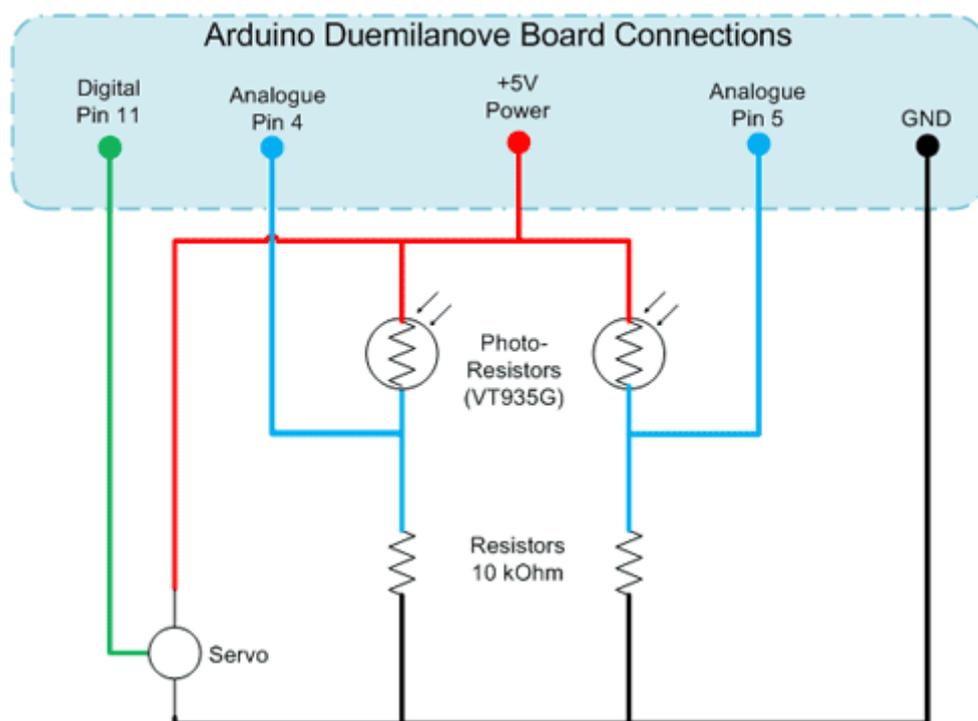


Рис. 2. Схема солнечного трекера

Для опытного макета используется два датчика-фоторезистора, которые расположены взаимоперпендикулярно.

В проекте используется контроллер Arduino, который периодически считывает значения с двух датчиков и сравнивает их. Если значения с датчиков одинаковы, значит панель наведена на солнце. В случае, если значение одного из датчиков отличается от другого, контроллер дает команду на серводвигатель для поворота платформы. Команда работает до тех пор, пока значения с датчиков не сравняются.

Для предотвращения чрезмерного поворота платформы присутствуют программные ограничители поворота.

Для получения максимального КПД можно добавить в схему второй сервопривод для перемещения солнечной панели по вертикали.

Также при помощи такого контроллера можно реализовать управление отоплением дома или квартиры, управление освещением и другими домашними электроприборами, что является неотъемлемой частью энергосбережения.

УДК 621.311.001.57

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОПОЛОГИИ СХЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ МАТРИЦ ИНЦИДЕНЦИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПАКЕТА MathCAD

Н.В. Сизганов

Научный руководитель Е.Ю. Сизганова

Сибирский федеральный университет

Задачи анализа электрических сетей описываются системами линейных уравнений, или, в случае нелинейности описания, линеаризуются на каждом шаге итеративного процесса решения. Линейные уравнения, описывающие состояние электрической сети, составляются на основе общих принципов с использованием законов Ома и Кирхгофа. После составления этих уравнений выбирается наиболее целесообразный метод их решения в зависимости от характера задачи и располагаемых средств. При этом учитывается простота метода, количество требуемых арифметических операций и необходимый объем памяти ЭВМ. Часто методы основываются на непосредственном применении алгебры матриц, что предполагает формальные операции с матрицами без выявления их специфических особенностей, позволяющих повысить эффективность решения.

Характерным свойством сетей больших энергосистем является относительно слабая топологическая взаимосвязь их элементов друг с другом, что приводит к слабой заполненности (разреженности) матриц уравнений, описывающих эти системы. В электроэнергетических системах отношение числа ветвей к числу узлов составляет около 1,5. Отсюда следует, что например матрица коэффициентов уравнений, описывающих режим системы, содержащей 250 узлов, имеет около 1 % ненулевых элементов, а для системы, содержащей 2500 узлов – всего около 0,1 %.

Для решения задачи расчета линейной электрической сети необходимо составить систему уравнений, описывающую режим сети, и выполнить операции над матрицей коэффициентов этой системы. В зависимости от способа составления уравнений электрической сети (по методу узловых потенциалов или контурных токов), получаемые при этом матрицы коэффициентов будут различными, поскольку выбор метода определяет как число уравнений, так и количество ненулевых коэффициентов в них. Следовательно, как выбор метода решения задачи, так и возможность учета слабой заполненности матрицы коэффициентов существенно зависит от того, каким образом составлены уравнения.

Часто уравнения, описывающие заданную систему, нелинейны, что не позволяет непосредственно применять методы решения линейных задач. Но в большинстве методов численного решения нелинейных уравнений используются итерационные процессы, в которых последовательные приближения, приводящие к решению, рассчитываются с применением линеаризации, например метод Ньютона. Поскольку на шаге итерационного процесса задача линеаризуется с некоторой погрешностью, каждому такому шагу можно поставить в соответствие эквивалентную линейную сеть. Следовательно, и для решений нелинейных уравнений полезно ясно представлять принципы составления линейных уравнений сети с использованием матриц соединений, составляемых по физической схеме сети.

Электрические сети современных электроэнергетических систем есть совокупность сотен и даже тысяч ЛЭП и трансформаторов. Расчеты режимов сложных схем электрических сетей требуют специальных моделей представления схем и компактной записи уравнений. Такими моделями являются графы и матрицы. Топологию (геометрическое изображение) сети можно представить соответствующим *графом* (рис. 1), который описывается матрицами инцидентий (соединений): 1) узлов и ветвей; 2) ветвей в контуры.

Первая матрица инцидентий \mathbf{M} устанавливает взаимосвязь между узлами и ветвями электрической сети. Она имеет размерность $N-1 \times L$, где N – число узлов, L – число ветвей, т. е. не содержит строку, соответствующую базисному узлу (для удобства присваиваем ему наибольший номер),

так как эта строка является зависимой и может быть получена как комбинация остальных строк.

Прежде чем строить матрицу \mathbf{M} , каждой ветви необходимо задать направление, которое удобно выбирать совпадающим с направлением передаваемой по этой ветви величины (ток, поток мощности и т. д.). Примем, что для ветви $i-j$, имеющей порядковый номер s и связывающей узлы i и j , положительным считается направление от i к j .

Каждый элемент матрицы \mathbf{M} , находящийся на пересечении строки k (соответствующей k -ому узлу) и столбца s (соответствующего ветви $i-j$) определяется из соотношения:

$$m_{ks} = \begin{cases} 1, & \text{если } k = i, \text{ (ветвь } s \text{ направлена от узла } k) \\ -1, & \text{если } k = j, \text{ (ветвь } s \text{ направлена к узлу } k) \\ 0, & \text{если } k \neq i \text{ и } k \neq j, \text{ (ветвь } s \text{ не соединена с узлом } k) \end{cases}$$

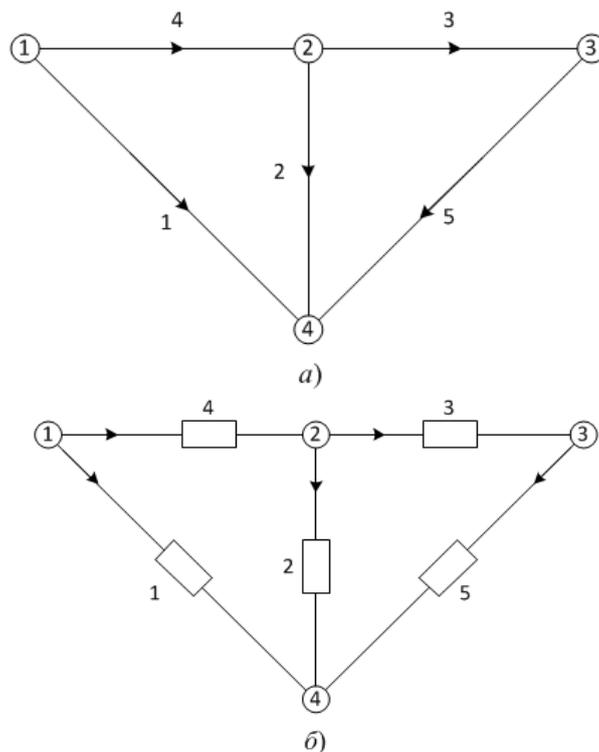


Рис. 1. Граф (а), отображающий структуру электрической сети (б)

Для реализации алгоритма построения матрицы \mathbf{M} в пакете MathCad необходимо создать матрицу исходных данных \mathbf{ID} , размерностью $L \times 2$, в которой будут храниться: в первом столбце – номера начальных узлов i_s ветвей s , во втором столбце – номера конечных узлов j_s ветвей s , где s – порядковый номер ветви.

Тогда программа, формирующая матрицу инцидентий \mathbf{M} , будет иметь вид:

$$\mathbf{M} := \left| \begin{array}{l} i \leftarrow \text{ID}^{\langle 1 \rangle} \\ j \leftarrow \text{ID}^{\langle 2 \rangle} \\ \text{for } k \in 1..N-1 \\ \quad \text{for } s \in 1..L \\ \quad \quad m_{k,s} \leftarrow \left| \begin{array}{l} 1 \text{ if } k = i_s \\ -1 \text{ if } k = j_s \\ 0 \text{ if } k \neq i_s \wedge k \neq j_s \end{array} \right. \\ \quad \quad \quad m \end{array} \right.$$

Изменив при необходимости порядок нумерации ветвей (соответственно матрицу \mathbf{ID}), разделим матрицу соединений узлов и ветвей на два блока, соответствующих *дереву* (связанный подграф с числом ветвей, на единицу меньшим полного числа узлов) и *хордам* (ветви графа, исключенные при получении дерева).

$$\mathbf{M} = [\mathbf{M}_t | \mathbf{M}_c],$$

где \mathbf{M}_t – блок, соответствующий дереву, представляет собой квадратную неособенную матрицу; \mathbf{M}_c – блок, соответствующий хордам.

Процедура разделения матрицы \mathbf{M} в пакете MathCad реализуется следующим образом:

$$\mathbf{M}_t := \text{submatrix}(\mathbf{M}, 1, \text{rows}(\mathbf{M}), 1, N - 1)$$

$$\mathbf{M}_c := \text{submatrix}[\mathbf{M}, 1, \text{rows}(\mathbf{M}), 1 + (N - 1), \text{cols}(\mathbf{M})]$$

Поскольку для заданного графа определено дерево, то по его ветвям однозначно определяется путь от любого узла до базисного. Таким образом, составим матрицу соединений, описывающую эти пути, – матрицу коэффициентов распределения \mathbf{A} , элемент a_{ks} которой, принадлежащий строке k и столбцу s , определяется как 1, если направление ветви s совпадает с направлением от узла k к базисному; –1, если направление ветви s противоположно направлению от узла k к базисному; 0, если ветвь s не входит в путь от узла k к базисному.

Для любой электрической сети матрицы \mathbf{M}_t и \mathbf{A} связаны соотношением

$$\mathbf{M}_t \cdot \mathbf{A}^T = \mathbf{E},$$

где \mathbf{E} – единичная матрица, или

$$\mathbf{A}^T = \mathbf{M}_t^{-1}.$$

Получение матрицы коэффициентов распределения \mathbf{A} в пакете MathCad

$$\mathbf{A} := (\mathbf{M}_t^{-1})^T .$$

Вторая матрица инцидентий \mathbf{D} – матрица соединений ветвей в контуры. Контур определяется как замкнутый путь, проходящий по любой из ветвей только один раз. Число независимых контуров равно числу независимых контурных уравнений. Базисный контур состоит из любого числа ветвей дерева и только одной хорды. Следовательно, базисные контуры любого графа определяются выбором дерева. Поскольку каждому базисному контуру соответствует одна хорда, число базисных контуров и, следовательно, число независимых контуров равно числу хорд. Базисные контуры могут быть определены базисной матрицей соединений ветвей в контуры, элемент d_{ps} которой, находящийся в строке p и столбце s , соответствует контуру p и ветви s . Этот элемент определяется следующим образом: 1, если направление обхода базисного контура p совпадает с направлением ветви s ; -1, если направление обхода базисного контура p противоположно направлению ветви s ; 0, если базисный контур p не содержит ветвь s .

Выбираем направления обхода базисных контуров совпадающими с направлениями замыкающих их хорд, тогда, разделив матрицу соединений на блоки, соответствующие ветвям дерева и хордам, получим:

$$\mathbf{D} = [\mathbf{D}_t | \mathbf{D}_c] = [\mathbf{D}_t | \mathbf{E}] ,$$

где \mathbf{D}_t – блок, соответствующий ветвям, а \mathbf{D}_c – хордам; при этом \mathbf{E} – единичная матрица.

Матрица \mathbf{D}_t может быть выражена через блоки \mathbf{M}_t и \mathbf{M}_c матрицы соединений ветвей и узлов и через матрицу коэффициентов распределения \mathbf{A} :

$$\mathbf{D}_t^T = -\mathbf{M}_t^{-1} \mathbf{M}_c = \mathbf{A}^T \mathbf{M}_c .$$

Получение матрицы \mathbf{D} в пакете MathCad

$$\mathbf{D} := \text{augment} \left[\left(\mathbf{M}_t^{-1} \cdot \mathbf{M}_c \right)^T , \text{identity} \left[\text{rows} \left[\left(\mathbf{M}_t^{-1} \cdot \mathbf{M}_c \right)^T \right] \right] \right] .$$

Небазисные контуры заданного графа получают линейным преобразованием базисных контуров.

Таким образом, реализованные в пакете MathCad модели топологии электрических сетей в виде матриц инцидентий будут полезны студентам при расчете и анализе сложных электрических систем. Достаточно задать

матрицу **ИД** в соответствии со схемой соединений сети. Полученные матрицы соединений (инциденций) могут использоваться при составлении узловых (матрица **М**) и контурных (матрица **Д**) линейных уравнений электрической сети для численного решения.

Список литературы

1. Бессонов, Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: учебник / Л.А. Бессонов. – 11-е изд., перераб. и доп. – М.: Гардарики, 2007. – 701 с.: ил.
2. Брамеллер А. Слабозаполненные матрицы: Анализ электроэнергетических систем. Пер. с англ./ А. Брамеллер, Р. Аллан, Я. Хэмэм. – М.: Энергия, 1979. – 192 с, ил.
3. Веников В.А. Математические задачи электроэнергетики / В.А. Веников. – М.: Высшая школа, 1981.
4. Дьяконов В.П. Mathcad 2001. Учебный курс / В.П. Дьяконов. – С.Пб.: Питер, 2001. – 624 с.

УДК 621

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ СПАЯ ТЕРМОБАТАРЕИ НА ВЫХОДНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ УСТАНОВКИ

А.В. Суворин, А.А. Адышев, А.Е. Сапрошин, А.А. Качаев
Сибирский федеральный университет

Развитие термоэлектрического способа преобразования энергии характеризуется бурным развитием научно-технических исследований и инженерных разработок в начале второй половины XX столетия с последующим спадом к концу столетия. Объективно это было обусловлено как техническими, так и технологическими трудностями, возникшими при практической реализации термоэлектрического способа преобразования энергии, в связи с успехами и преимуществами альтернативных направлений (машинный, фотоэлектрический способы для получения электричества, компрессионный на основе фреонов – для получения холода).

Однако накопленный положительный опыт длительной практической эксплуатации различных термоэлектрических устройств и появление новых, более эффективных полупроводниковых материалов позволило уже сегодня поставить вопрос о необходимости пересмотра приоритетов и выделения областей применения, где преимущества термоэлектричества мо-

гут сделать его определяющим фактором при выборе устройства для получения электроэнергии. В недалеком будущем термоэлектричество имеет перспективу практического использования при исследованиях космоса.

По назначению область практического использования термоэлектричества можно условно разбить на два направления:

Первое направление – использование термоэлектричества в промышленно-бытовых целях.

Современное состояние энергетики наряду с совершенствованием традиционных способов преобразования энергии характеризуется поиском альтернативных путей, основанных на использовании энергии Солнца, утилизации сбросового тепла, отказе от загрязняющих окружающую среду способов и др. Одним из путей использования термоэлектрических преобразователей для превращения теплоты в электричество является установка батареи термомодулей в теплотехнических установках бытового назначения (отопительные котлы, водогрейные установки, генераторы теплого воздуха и пр.), при этом каких-либо затрат на нагрев и охлаждение термобатареи не требуется. Это повысит их автономность и надежность в первую очередь в местах постоянного или временного отсутствия электроэнергии. Аналогичные устройства могут быть использованы в каталитических генераторах теплоты, работающих на сжигании как высококалорийных, так и низкокалорийных топлив, а также различных отходов, содержащих горючие компоненты.

Это обстоятельство, а также малые габариты и достаточно высокая мобильность таких установок вместе с возможностью одновременного производства электроэнергии, не прибегая к помощи бензоэлектрических или иных агрегатов, могут сделать такие установки привлекательными для различных потребителей — от сельхозпроизводителей до подразделений министерства по чрезвычайным ситуациям.

Другой областью применения термоэлектричества является хладопроизводство. Это направление основывается на использовании его для охлаждения скоропортящихся продуктов питания, медикаментов в условиях отсутствия традиционных источников электроэнергии. Устройство состоит из термоэлектрических генератора и холодильника, причем источником нагрева для термогенератора могут служить солнечное излучение, теплотехнические установки бытового назначения и пр. В качестве системы охлаждения термобатареи в генераторе и холодильнике может служить единый водяной контур со сбросом избытка теплоты в естественный или искусственный водоем. Кроме того, термоэлектрическое охлаждение является экологически чистым способом преобразования энергии, что в современных условиях приобретает всё возрастающую значимость.

Второе направление – использование термоэлектричества в космических целях, в том числе в системах энергоснабжения маломассогабарит-

ных космических аппаратов (МКА). В настоящее время в России идет форсированное создание МКА, обусловленное такими факторами, как короткие сроки создания при минимальных затратах на изготовление и организацию пуска, а также возможность применения конверсионных межконтинентальных баллистических ракет. Термоэлектрический способ преобразования излучения Солнца в электроэнергию может составить конкуренцию фотоэлектрическому, так как солнечные батареи с фотоэлектрическими преобразователями (ФЭП) обладают рядом недостатков, основными из которых являются:

- деградация фотоэлементов от воздействия солнечного и космического излучения, в связи с чем энергетический потенциал ФЭП со временем падает, – использование химических аккумуляторов электроэнергии на теневых участках орбиты, по массе составляющих от 20 до 50 % от общей массы системы электропитания, ухудшает весовое совершенство полезной нагрузки, что особенно существенно для МКА;
- высокая стоимость солнечной батареи с ФЭП, составляющая по разным оценкам до 250 долларов США на 1 Вт вырабатываемой электроэнергии, что более чем на порядок дороже термоэлектрической батареи.

Особенно перспективным представляется применение термоэлектричества в дальнем космосе, где из-за ослабления солнечного излучения фотоэлектрические преобразователи неработоспособны, в то время как термоэлектричество сохраняет свою эффективность вследствие возрастания термодинамического потенциала.

Таким образом, актуальность использования термоэлектричества в научных, промышленных и бытовых целях не ослабевает, перейдя из стадии научных исследований к опытно-конструкторским разработкам и практической реализации конкретных технических решений. При этом, учитывая конструктивные особенности термомодулей в сочетании с различными теплоэнергетическими устройствами, задача выбора оптимальных характеристик термобатарей постоянно усложняется вследствие необходимости учета как ранее выявленных побочных факторов, так и появления дополнительных эффектов, обусловленных конструктивными особенностями конкретного устройства.

Таким образом, при создании термоэлектрических преобразователей возникает необходимость рассмотрения помимо чисто проектных задач также термодинамических, физических, а иногда и химических аспектов процессов, протекающих как в материалах, так и устройствах.

Поскольку проблематика в изучении и реализации термоэлектрического способа преобразования энергии требует дополнительных исследований и проверок, то с этой целью авторами был создан лабораторный стенд для подробного изучения термоэлектрических явлений.

Таблица 1. Полученная вольтамперная характеристика

t_1 , Гр.С	t_2 , Гр.С	U_H , В	I_H , А	P_H , Вт	$(t_2 - t_1)$	α_{12}	R_H , Ом
20.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.564
21.9	30.0	0.28	0.245	0.069	8.1	0.0346	1.143
22.9	40.0	0.45	0.349	0.157	17.1	0.0263	1.289
24.5	50.0	0.59	0.395	0.233	25.5	0.0231	1.494
26.6	60.0	0.73	0.438	0.320	33.4	0.0219	1.667
29.6	70.0	0.87	0.464	0.404	40.4	0.0215	1.875
32.5	80.0	1.10	0.495	0.545	47.5	0.0232	2.222
33.3	90.0	1.27	0.525	0.667	56.7	0.0224	2.419
34.5	100.0	1.48	0.565	0.836	65.5	0.0226	2.619
36.2	110.0	1.68	0.605	1,016	73.8	0.0228	2.777
38.4	120.0	1.87	0.639	1.195	81.6	0.0229	2.927
40.6	130.0	2.08	0.684	1.423	89.4	0.0233	3.041
42.5	140.0	2.29	0.742	1.699	97.5	0.0235	3.086
44.2	150.0	2.53	0.779	1.971	105.8	0.0239	3.248
46.2	160.0	2.76	0.814	2.247	113.8	0.0243	3.391
47.9	170.0	3.01	0.847	2.549	122.1	0.0247	3.554
50.0	180.0	3.26	0.899	2.931	130.0	0.0251	3.626
51.9	190.0	3.54	0.934	3.306	138.1	0.0256	3.790
55.0	200.0	3.76	0.951	3.576	145.0	0.0259	3.954

где α_{12} – коэффициент термоэлектродвижущей силы [$\alpha_{12} = (\alpha_1 - \alpha_2)$].

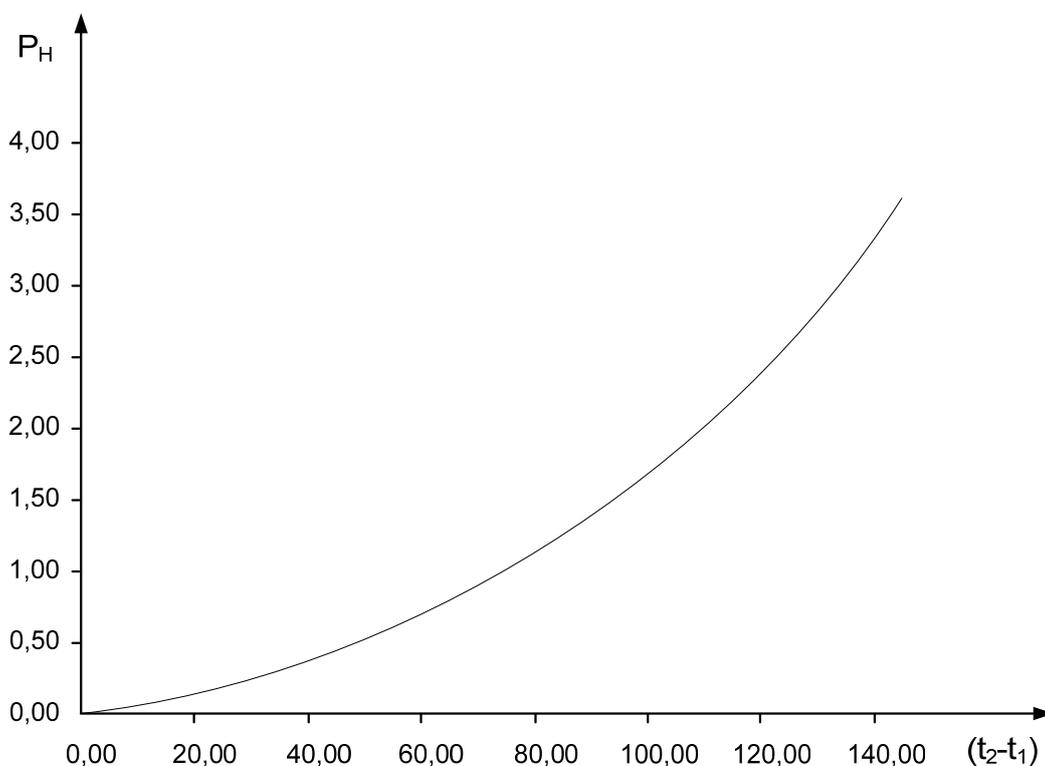


Рис. 1. График изменения мощности от разности температур $(t_2 - t_1)$

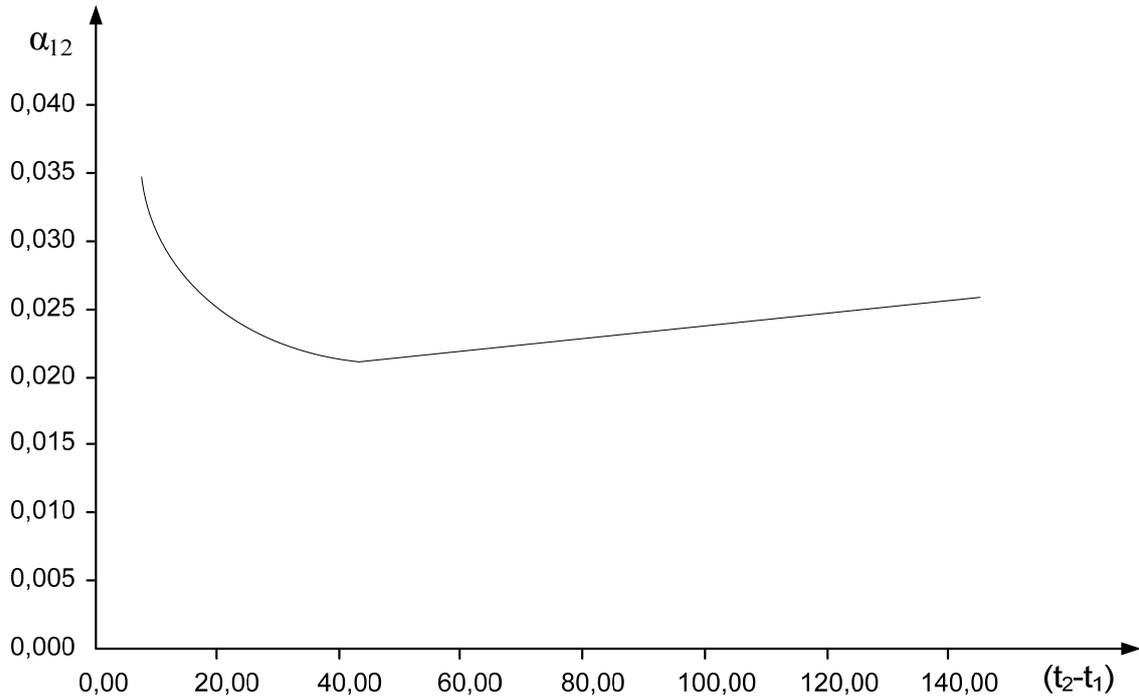


Рис. 2. График изменения значения коэффициента термоэлектродвижущей силы

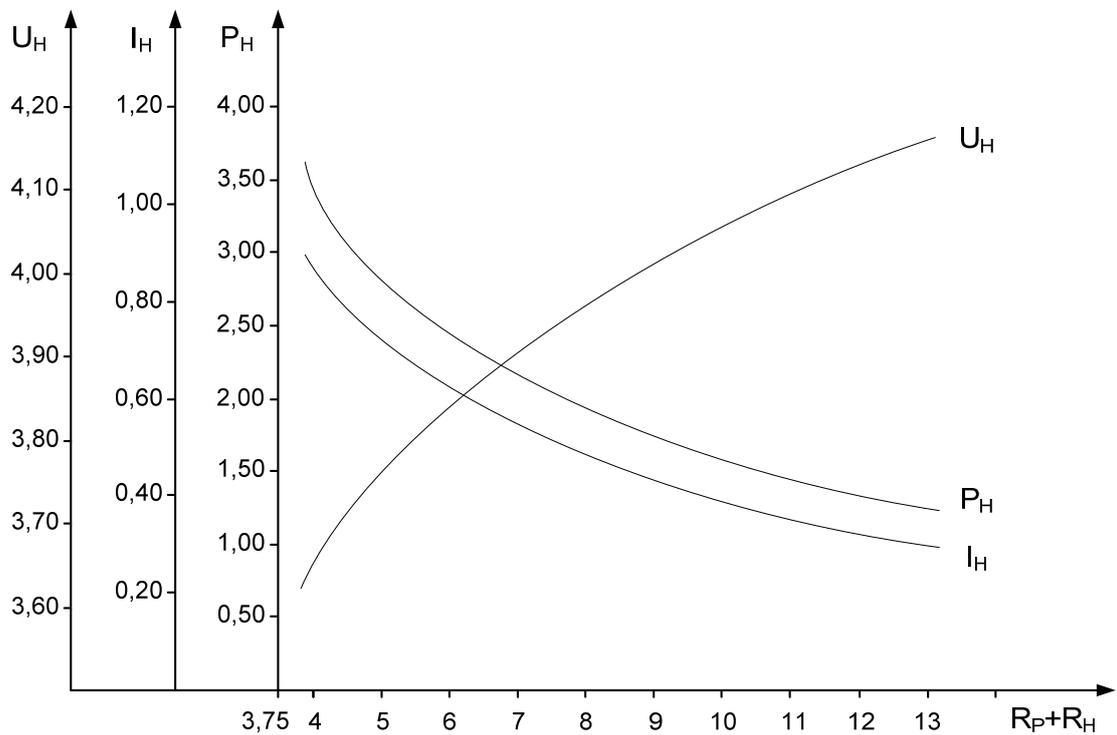


Рис. 3. График изменения мощности, напряжения и тока от изменения сопротивления нагрузки

При снятии вольт амперной характеристики получены следующие данные приведенные в таблице 1.

Таблица 2. Характеристики напряжения, тока при неизменной мощности, разных сопротивлениях нагрузки и установившемся режиме

$R_p, \text{ Ом}$	$U_H, \text{ В}$	$I_H, \text{ А}$	$P_H, \text{ Вт}$	$R_p + R_H$
0.0	3.75	0.962	3.608	3.898
0.5	3.77	0.946	3.566	3.985
1.0	3.78	0.902	3.410	4.191
1.5	3.66	0.826	3.023	4.431
2.0	3.62	0.774	2.802	4.677
2.5	3.67	0.737	2.705	4.980
3.0	3.73	0.702	2.618	5.313
3.5	3.78	0.669	2.529	5.650
4.0	3.83	0.663	2.424	6.051
4.5	3.89	0.602	2.342	6.462
5.0	3.93	0.575	2.259	6.835
5.5	3.96	0.550	2.178	7.200
6.0	3.98	0.520	2.069	7.654
6.5	3.95	0.497	1.963	7.948
7.0	3.99	0.460	1.835	8.674
7.5	4.02	0.443	1.781	9.075
8.0	4.08	0.425	1.734	9.600
8.5	4.10	0.416	1.706	9.615
9.0	4.13	0.339	1.608	10.351
9.5	4.16	0.385	1.602	10.805
10.0	4.09	0.357	1.460	11.457
10.5	3.99	0.338	1.348	11.805
11.0	3.99	0.332	1.325	12.018
11.5	4.01	0.323	1.295	12.415
12.0	4.05	0.308	1.247	13.149

В результате проведенных исследований (табл.1-2) были получены графики (рис. 1-3) зависимости тока, напряжения и мощности от сопротивления нагрузки и температуры, которые позволили сделать выводы:

1. С ростом разницы температуры холодного и горячего спая наблюдается рост вырабатываемой мощности практически по прямолинейной зависимости (рис. 1).

2. Значения коэффициента термоэлектродвижущей силы растет не значительно по сравнению с ростом разницы температур холодного и горячего спая (рис. 2).

3. С ростом нагрузки ток и мощность снижается, в то время как напряжение растет (рис. 3).

Разработанный лабораторный стенд и проведенные исследования позволили расширить знания студентов при изучении “эффекта Зеебека” в области преобразования тепловой энергии в электрическую.

Список литературы

1. Термоэлектрики и их применения. Доклады VI межгосударственного семинара. ФТИ им. А.Ф.Иоффе. – Санкт-Петербург, 1999.

2. Поздняков Б.С., Коптелов Е.А. Термоэлектрическая энергетика / Б.С. Поздняков, Е.А. Коптелов. – М.: Атомиздат, 1974.

Научное издание

Молодёжь и наука
Том 3

Отв. за выпуск Олег Альбертович Краев

Редакционно-издательский отдел БИК СФУ
Компьютерная верстка И.В. Гревцовой

Подписано в печать 27.08.2012. Формат 60x84/16.

Бумага тип. Печать офсетная.

Усл. печ. 38,5. Тираж 200 экз. Заказ 8458.

Редакционно-издательский отдел
Библиотечно-издательского комплекса
Сибирского федерального университета
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79
Тел/факс (391) 206-21-49, e-mail: rio@lan.krasu.ru

Отпечатано полиграфическим центром
Библиотечно-издательского комплекса
Сибирского федерального университета
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82а
Тел/факс (391)206-26-58, 206-26-49
E-mail: print_sfu@mail.ru; <http://lib.sfu-kras.ru>