

ТОМ 3

МОЛОДЁЖЬ И НАУКА

Материалы VII Всероссийской
научно-технической конференции студентов,
аспирантов и молодых ученых, посвященной
50-летию первого полета человека в космос

МОЛОДЁЖЬ И НАУКА

Том 3

- Теплоэнергетика и теплотехника
- Оборудование и технологии нефтегазового комплекса
- Проблемы электроэнергетики
- Технология, оборудование и автоматизация машиностроения
- Совершенствование технологий производства цветных металлов
- Проблемы строительства и архитектуры
- Проблемы градостроительства, архитектуры и дизайна
- Радиоэлектроника
- Наземные транспортно-технологические средства и системы
- Проектирование и экспериментальная механика машин
- Вооружение и военная техника

Министерство образования и науки Российской Федерации
Сибирский федеральный университет

МОЛОДЁЖЬ И НАУКА

**Материалы VII Всероссийской
научно-технической конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых,
посвященной 50-летию первого полета человека в космос
г. Красноярск, 19-25 апреля 2011 г.**

Том 3

Красноярск
СФУ
2011

УДК 001.891(063)

ББК 72я431

М 57

М 57 Молодёжь и наука: в 3 т.: материалы конф. Т.3 / отв. за выпуск
О.А. Краев. – Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2011. –
415 с.

ISBN 978-5-7638-2328-8

ISBN 978-5-7638-2331-8 (Т. 3)

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

УДК 001.891(063)

ББК 72я431

ISBN 978-5-7638-2328-8

ISBN 978-5-7638-2331-8 (Т. 3)

© Сибирский
федеральный
университет, 2011

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА	12
<i>Волков Д.А., Розайненко С.В.</i>	
РЕКОНСТРУКЦИЯ ОТДЕЛЕНИЯ СУШКИ КИРПИЧА-СЫРЦА НА ЗАВОДЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	12
<i>Деливеров М.В.</i>	
СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ В СИСТЕМЕ ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЯ	16
<i>Агафонов Д.Г., Шестаков А.В.</i>	
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ПЛАВКА ВТОРИЧНОГО АЛЮМИНИЯ	18
<i>Костикова Н.О.</i>	
ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАСПОРТОВ ДЛЯ БЮДЖЕТНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ	21
<i>Наказнов Д.А.</i>	
УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛОТЫ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ПРИ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОМ ОБЕЗВРЕЖИВАНИИ АНОДНЫХ ГАЗОВ АЛЮМИНИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА	24
<i>Орлов С.В.</i>	
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЖИГАНИЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА	27
<i>Тарви А.М.</i>	
ОБ УПРАВЛЕНИИ ЭНЕРГОРЕСУРСАМИ НА ПРЕДПРИЯТИИ	31
 ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА	 36
<i>Баимур К.А.</i>	
ПРОЦЕСС ДЕПАРАФИНИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА	39
<i>Ледков А.О.</i>	
СОЗДАНИЕ СКВАЖИННОГО ФИЛЬТРА	40
<i>Осипов М.А.</i>	
СПОСОБ ГЛУБОКОГО ОБЕССОЛИВАНИЯ ВОДОНЕФТЯНОЙ ЭМУЛЬСИИ И ТЕХНИЧЕСКОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ	45
<i>Марьянчик Д.И.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ СОРБЕНТОВ С ДРЕВЕСНЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ	49
<i>Ортман А.С.</i>	
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗЕМЛЕУСТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА РАННИХ СТАДИЯХ ПОДГОТОВКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	52

Охроменко А.С., Серебренников Д.С.

ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА РИСКА И РАЗРАБОТКИ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ.....	59

ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ 64

Галиуллин Ш.Н.

КОМПЛЕКСНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ПОДСТАНЦИИ 220 кВ «ЛЕВО-БЕРЕЖНАЯ»	64

Наам А.Г., Брюханов Н.Н.

РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ОТ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ КЛАССОМ НАПРЯЖЕНИЯ 220 кВ	69

Делягин Л.В.

ПОТЕНЦИАЛ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ УМНОГО ДОМА	73

Киселев Д.Н.

МОДЕЛИРОВАНИЕ БЛОКИРОВОК МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ ДИСТАНЦИОННЫХ ЗАЩИТ	77

Князев Ю.В.

ВЛИЯНИЕ ЗАТУХАНИЯ НА РЕЖИМ ПОЛУВОЛНОВОЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ	82

Ковалёв Д.П., Блохин К.Е.

ВЛИЯНИЕ ЗАГРУЗКИ ГОЛОВНЫХ УЧАСТКОВ ФИДЕРОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ НА НОРМИРОВАНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ШАРЫПОВСКОМ РЭС	85

Коваленко И.Н.

ОЦЕНИВАНИЕ ПОГРЕШНОСТИ И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ В ЛАБОРАТОРНОЙ ПРАКТИКЕ	90

Маркевич Д.Л.

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ ЗАЩИТ ЛИНИЙ ТИПА ШДЭ 2801 И ПДЭ 2802	95

Морохотова Е.А., Минаев В.В.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ПОТЕНЦИАЛ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ КРАСНОЯРСКА	97

Моисеева Ю.А., Осипенко Т.Г.

О ПРИМЕНЕНИИ СВОБОДНОПОТОЧНЫХ МИКРОГЭС ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УДАЛЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ	103

Пуртов С.А.

АВТОНОМНАЯ СОЛНЕЧНО-ДИЗЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ	106

Решетников М.О.

КОМПЛЕКС МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ БОРЬБЫ С ГОЛОЛЕДОМ	111

<i>Шувандаев А.С.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК АВАРИЙНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ	116
ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ МА- ШИНОСТРОЕНИЯ.....	122
<i>Карепов П.В.</i> АДАПТИВНЫЕ ГИДРОСТАТИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЯЮЩИЕ СО ВСТРОЕННЫМИ ПЛАВАЮЩИМИ РЕГУЛЯТОРАМИ АКТИВНОГО НАГНЕТЕНИЯ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ	122
<i>Перфильева А.И.</i> ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА УСВОЕНИЕ БОРА ПРИ ВЫПЛАВКЕ ЛИГАТУРЫ АЛЮМИНИЙ – БОР	127
<i>Баркалов И.В., Леоненко А.В., Кузнецов М.С.</i> АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЧЕРВЯЧНЫХ ШЛИЦЕВЫХ ФРЕЗ.....	129
<i>Мандраков Е.А.</i> ДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ГИДРОПРИВОДА	135
<i>Фастович Д.П.</i> УВЕЛИЧЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК С УЛЬТРАДИС- ПЕРСНЫМ АЛМАЗОГРАФИТОМ	138
<i>Мосиенко М.Ю., Кривов Д.А.</i> РАЗРАБОТКА ЛЕГКОГО СТАНКА ДЛЯ ОБРАБОТКИ МЕЛКОГАБА- РИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ ИЗ МЯГКИХ МАТЕРИАЛОВ.....	142
<i>Андреев Д.А., Гончарова Е.В., Гаврилова О.А.</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УНИВЕРСАЛЬНЫХ ЗУБЧАТЫХ ИЗМЕЛЬЧИТЕ- ЛЕЙ МОДЕЛЕЙ ИТЗ-01 И ИЦЗ-08	147
<i>Кокорина Ю.В.</i> ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖ- МЕНТА КАЧЕСТВА НА МАЛОМ ПРЕДПРИЯТИИ	152
<i>Гончарова Е.В., Андреев Д.А.</i> АНАЛИЗ НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ	154
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ.....	158
<i>Беспалов В.М., Ворошилов Д.С.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЭКСПЕРИМЕН- ТАЛЬНОГО СПЛАВА АЛЮМИНИЯ С РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ МЕ- ТАЛЛАМИ	158
<i>Беспалов В.М., Соколов Р.Е., Сидельников А.С.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НОВЫХ СПЛАВОВ АЛЮМИНИЯ С ПЕРЕХОДНЫМИ МЕТАЛЛАМИ.....	161

<i>Рудницкий Э.А., Беспалов В.М., Трифоненков А.Л.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕФОРМИРОВАННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ, ПОЛУЧЕННЫХ В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА.....	165
<i>Бакшеева И.И., Глумова А.А., Митасова З.П.</i>	
ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЖЕЛЕЗА И ПОПУТНЫХ КОМПОНЕНТОВ ИЗ ФОСФОРИТА ОБЛАДЖАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	170
<i>Чупров И.В., Жидков А.Н., Лыткина С.И., Морозов А.В., Минлибаева Ю.О., Киселев А.Л.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СМАЧИВАНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО СЫРЬЯ ОТ РЕЖИМОВ МЕХАНОСИНТЕЗА.....	173
<i>Пряничникова А.И., Латыпова О.И.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ СПЛАВА БЕЛОГО ЗОЛОТА, НЕ СОДЕРЖАЩЕГО НИКЕЛЬ	175
<i>Шарыпов Н.А.</i>	
АНАЛИЗ РАСХОДА АНОДНОЙ МАССЫ АЛЮМИНИЕВОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА МЕТОДОМ ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ	179
<i>Богданова Т.А., Кырмакова М.В.</i>	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПЛАВОВ МА14 И ZK60A И ПОИСК ОПТИМАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК ДЛЯ ШТАМПОВКИ.....	183
<i>Евстропов В.А.</i>	
РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА И УЧЕБНОГО ПОСОБИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕТАЛЛУРГИИ».....	185
<i>Окладникова Н.В., Лындина Е.Н., Мордвинова А.В., Беляева А.А.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗНЫХ СПОСОБОВ РАФИНИРОВАНИЯ РАСПЛАВА НА КАЧЕСТВО СЛИТКОВ ИЗ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Al-Mg-Si.....	189
<i>Науменко М.С., Науменко О.С.</i>	
РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАННЫХ НИКЕЛЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ.....	191
<i>Арефьев А.А., Никитин В.Б., Наседкин В.А., Кучкина А.В.</i>	
ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И СВОЙСТВА ПРОВОЛОКИ, ПОЛУЧАЕМОЙ ИЗ РАЗНЫХ ТИПОВ СТРУЖКИ СВИНЦОВОЙ ЛАТУНИ	194
<i>Фомин Д.А., Шпильков А.В.</i>	
АЛЮМИНИЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ КАК ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ УЧЕБНОГО ПРОЕКТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ХИМИЯ МЕТАЛЛОВ».....	199
ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ.....	205
<i>Коротя Я.О., Дворецкая М.П.</i>	
ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	205

<i>Сапожникова В.А., Михалишина Е.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ «УНИРЕМ» НА СВОЙСТВА НЕФТЯНОГО ДОРОЖНОГО БИТУМА.....	208
<i>Фаткулина Л.М.</i> ЭНЕРГОЭКОНОМИЧНЫЕ МАЛОЭТАЖНЫЕ ЗДАНИЯ.....	210
<i>Хакимов Д.Ф.</i> К ВОПРОСУ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ХРОМСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД	213
<i>Корнеевец Е.С.</i> ФУНДАМЕНТ ДЛЯ МАЛОЭТАЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА	214
<i>Швачко Д.В., Шахова В.Л.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УПЛОТНЕНИЯ КОНСТРУКТИВ- НЫХ СЛОЕВ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НЕЖЕСТКОГО ТИПА ВИБРА- ЦИОННЫМ КАТКОМ С УЧЕТОМ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОКРЫТИЯ	216
<i>Лукьянова И.С., Палахина Е.В.</i> УКРЕПЛЕНИЕ ОСНОВАНИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ВЕЧ- НОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ С ПОМОЩЬЮ ТЕРМОСТАБИЛИЗАТОРОВ	219
<i>Прохорова Т.С.</i> СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ГРУНТАХ.....	220
<i>Болябанов Н.К., Коваленко М.Ю.</i> ВЫБОР ПРОТИВОМОРОЗНЫХ ДОБАВОК ДЛЯ МОНОЛИТНОГО БЕ- ТОНА	222
<i>Ястребова О.С., Прокопьева Д.С., Харисова А.Ф.</i> ИСКУССТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ ЛЕСТНИЧНЫХ КЛЕТОК.....	225
<i>Ковалева М.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ВЫБОРУ ТИПА КОАГУЛЯНТА НА ВОДОЗА- БОРЕ «ГРЕМЯЧИЙ ЛОГ» г. КРАСНОЯРСКА	227
<i>Шульц А.Г., Филиппова А.Н.</i> ОБРАБОТКА И УТИЛИЗАЦИЯ ОСАДКА МАСЛОЭМУЛЬСИОННЫХ СТОЧНЫХ ВОД	230
<i>Киселева Е.Н.</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЗДАНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО- ГО НАПРЯЖЕНИЯ В СТАЛЬНЫХ ОБОЙМАХ УСИЛЕНИЯ КОЛОНН	231
<i>Захарюта В.В.</i> КОНСТРУИРОВАНИЕ ДЕРЕВЯННОГО МОДУЛЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СТРУКТУРНЫХ ЗДАНИЙ «ЗАМКНУТОГО ТИПА»	233
<i>Бастрыгина А.В.</i> РАСЧЕТ ЗДАНИЯ НА СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ	242
<i>Кожевникова Н.Ю.</i> УСТРОЙСТВО ФУНДАМЕНТОВ НА НАБУХАЮЩИХ ГРУНТАХ	238
<i>Рыжасова А.П.</i> ОСНОВНЫЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗАСОЛЕН- НЫХ ГРУНТОВ	240
<i>Бусыгина П.А., Тишенина Ю.В.</i> ВИНТОВЫЕ ФУНДАМЕНТЫ.....	242

<i>Ставер П.К., Полетаев Г.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕРМИКУЛИТА ТАТАРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ПОЛУЧЕНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ЕГО ОСНОВЕ	245
<i>Писарева П.Ю., Лямзина П.В.</i> АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПРИМЕНЕНИЕ ИХ В МАЛОЭТАЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ	249
<i>Какун С.Н.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ГАЛЬВАНО-КОАГУЛЯЦИОННОЙ ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД	252
<i>Михайлова И.В., Уарова А.Н.</i> ПРОБЛЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ ПОСЕЛКА СТРЕЛКА И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ	253
<i>Сергиенко Ю.С., Недодел П.В.</i> РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНОГО РЕШЕНИЯ ОБЛЕГЧЕННОГО ВАРИАНТА ЭЛЕМЕНТОВ КАРКАСА НФС	255
<i>Мамцев Р.С.</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОДЕЛЕЙ ТРУБОБЕТОННЫХ КОЛОНН НА ТРЁХКРАТНЫЙ ТОРЦЕВОЙ УДАР	259
<i>Коренчук В.В.</i> ВЛИЯНИЕ НЕРАВНОМЕРНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ОСНОВАНИЯ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ РАМНОПАНЕЛЬНОЙ БЛОК-СЕКЦИИ ПОВЫШЕННОЙ ЗАВОДСКОЙ ГОТОВНОСТИ	263
<i>Гольцман Р.А.</i> СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЕМ ВЫГЛАЖИВАЮЩЕЙ ПЛИТЫ АСФАЛЬТОУКЛАДЧИКА С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ	267
<i>Петров А.Д.</i> СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ УПЛОТНЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ	270
ПРОБЛЕМЫ ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА АРХИТЕКТУРЫ И ДИ-ЗАЙНА	273
<i>Корнева Н.А.</i> ЦВЕТ В СОВРЕМЕННОЙ АРХИТЕКТУРЕ	273
<i>Городилова В.Д.</i> ОБ АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ МЕСТ ОТДЫХА НА р. МАНА КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ	275
<i>Позднякова И.Г.</i> К ВОПРОСУ РЕКОНСТРУКЦИИ ЖИЛЫХ РАЙОНОВ В ГЕРМАНИИ	279
<i>Гуцина А.В.</i> ВОЛЮТА – ЗАВИТОК ВЕЧНОСТИ В АРХИТЕКТУРЕ	281

<i>Лебедева Т.В.</i> АРХИТЕКТУРА ДРЕВНЕЙ ИНДИИ ЭПОХИ БУДДИЗМА КАК РЕПРЕ- ЗЕНТАНТ МЕЖНАЦИОНАЛЬНОЙ АРХИТЕКТУРЫ	286
<i>Кокина Н.Е.</i> ВЗАИМОСВЯЗЬ РАЗВИТИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ЛИЧНОСТИ И ЕЕ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ.....	292
<i>Чуй Я.В.</i> КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ НАБЕРЕЖНОЙ КРАСНОЯРСКА.....	296
<i>Чечулинская К.И.</i> ВЕЧНАЯ ТЕМА	300
<i>Левина Е.К., Кузьминых Е.В.</i> АРХИТЕКТУРА В ГАРМОНИИ С ПРИРОДОЙ	303
<i>Пономарева Е.С.</i> ИДЕНТИФИКАЦИОННЫЕ И ОРИЕНТАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ГОРОДЕ.....	307
<i>Петров К.Г.</i> АРХИТЕКТУРНО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В КРАСНОЯРСКЕ НА ПЕРЕЛОМЕ ЭПОХ (1917–1918 гг.).....	311
<i>Кастальская В.А.</i> ОРНАМЕНТЫ КАК КОМПОЗИЦИОННЫЙ ПРИЕМ ПРИМЕНЕНИЯ СИММЕТРИИ В ДИЗАЙНЕ.....	314
РАДИОЭЛЕКТРОНИКА.....	319
<i>Ахметшин А.С.</i> АВТОНОМНАЯ СИНХРОНИЗАЦИЯ ОПОРНЫХ СТАНЦИЙ МОР- СКОЙ РАДИОНАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ.....	319
<i>Борисов А.Н., Глинченко В.А., Назаров А.А., Исламов Р.В., Сучков П.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ВТОРИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ИН- ФОРМАЦИИ МНОГОПОЗИЦИОННОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КАНАЛА УГЛА МЕСТА	322
<i>Ковязин М.С., Швабауэр А.А.</i> ЗАЩИТА РЛС ОТ ПАССИВНЫХ ПОМЕХ МЕТОДОМ МНОГОКА- НАЛЬНОЙ ДОПЛЕРОВСКОЙ ФИЛЬТРАЦИИ	328
<i>Сенченко А.А.</i> МЕТОДЫ ЧИСЛЕННОГО ИНТЕГРИРОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ РАС- ПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН НАД ПОВЕРХНОСТЬЮ ЗЕМЛИ	333
<i>Сенченко Я.И.</i> ОБЗОР СПОСОБОВ РАСШИРЕНИЯ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ПЕРСПЕКТИВ- НОЙ РАДИОНАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ	338
НАЗЕМНЫЕ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И СИСТЕМЫ.....	344
<i>Андриенко Д.В.</i> СОЗДАНИЕ СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОРООБРАЗНОГО ДВИЖИТЕЛЯ.....	344

<i>Анкудинов П.В.</i> ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ СНЕЖНО-ЛЕДЯНОГО МАССИВА.....	346
<i>Несмачный П.К.</i> ОХЛАЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА С ПОМОЩЬЮ ИСПАРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ.....	349
<i>Окладников Д.Л., Ковалев А.В., Райков Е.Г.</i> МАЛОГАБАРИТНОЕ ДВУХСРЕДНОЕ ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО (КВАДРОЦИКЛ-СНЕГОХОД) КС-350.....	350
<i>Стыврин А.В.</i> ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА ИЗМЕНЕНИЕ КРОЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ХЛОРИСТОГО ЭЛЕКТРОЛИТА ЖЕЛЕЗНЕНИЯ.....	355
<i>Бояркин С.В.</i> АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ СТАТИЧЕСКОЙ ПОПЕРЕЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КОЛЕСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ.....	358
<i>Осипова У.А., Кузнецов В.С.</i> ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕМОНТЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ.....	362
<i>Шейкина Е.В., Оленева Т.С.</i> МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ АВАРИЙНОСТИ НА УДС г. КРАСНОЯРСКА, СВЯЗАННОЙ С ДЕТЬМИ И ПЕШЕХОДАМИ	367
<i>Блинов Е.В.</i> ПЕРЕГРУЗОЧНЫЕ ТЕРМИНАЛЫ УПРОЩЕННОЙ ПЛАНИРОВКИ.....	371
<i>Судницын В.А., Печёркин Д.В., Круць А.Ю.</i> АНАЛИТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КИНЕМАТИКИ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ПОГРУЗЧИКОВ НА ПЕРВОНАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	376
<i>Шустова О.В.</i> МЕХАНИЗАЦИЯ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ РАБОТ ПО ЗАМЕНЕ ШПАЛ НА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ	379
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕХАНИКА МАШИН	385
<i>Квасков К.С.</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО МАНИПУЛЯТОРА ИЗДЕЛИЯ УМРТ	385
<i>Лепп Э.И., Городилов А.А.</i> СЕРВИС ДЛЯ ОПЕРАТИВНОЙ РАБОТЫ ПРЕДПРИЯТИЯ	389
<i>Карпенко В.В.</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАТОРА НИЗКОСКОРОСТНОГО ТОРЦЕВОГО СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА В СРЕДЕ SOLIDWORKS	392
<i>Карпенко Е.В.</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ РОТОРА НТСГ В ИНТЕГРИРОВАННОЙ СРЕДЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SOLIDWORKS	396

<i>Морозов Д.И., Симович Т.Е.</i>	
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ, РЕАЛИЗУЮЩЕГО АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫЙ РАСЧЕТ АКТИВНОЙ ЧАСТИ ТОРЦЕВОГО СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА.....	401
<i>Богорад М.С., Попков А.А.</i>	
АНАЛИЗ БЕСПЛАТНЫХ И УСЛОВНО-БЕСПЛАТНЫХ САД-СИСТЕМ.....	404
ВООРУЖЕНИЕ И ВОЕННАЯ ТЕХНИКА.....	407
<i>Юзефович В.В.</i>	
ЗАДАЧИ И ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ СВЯЗИ И ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА МЕЖДУ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫМИ ФИНАНСОВЫМИ ОРГАНАМИ.....	407
<i>Ахметшин А.С.</i>	
ПОИСК ШУМОПОДОБНОГО СИГНАЛА ДЛЯ ЗАДАЧ СИНХРОНИЗАЦИИ РАДИОНАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ	408
<i>Ковязин М.С., Швабауэр А.А.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ В ДОПЛЕРОВСКИХ ФИЛЬТРАХ В ЦИФРОВОМ ВИДЕ	410

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

УДК 666.3/041

РЕКОНСТРУКЦИЯ ОТДЕЛЕНИЯ СУШКИ КИРПИЧА-СЫРЦА НА ЗАВОДЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Д.А. Волков, С.В. Розайненко
Научный руководитель Ю.И. Сторожев
Сибирский федеральный университет

Завод строительных материалов включает кольцевую печь, отапливаемую углем, и туннельные сушила, работающие в режиме противотока (рис.1). Тепловой потенциал теплоносителя поддерживается двумя подтопками с ручной загрузкой бурого угля.

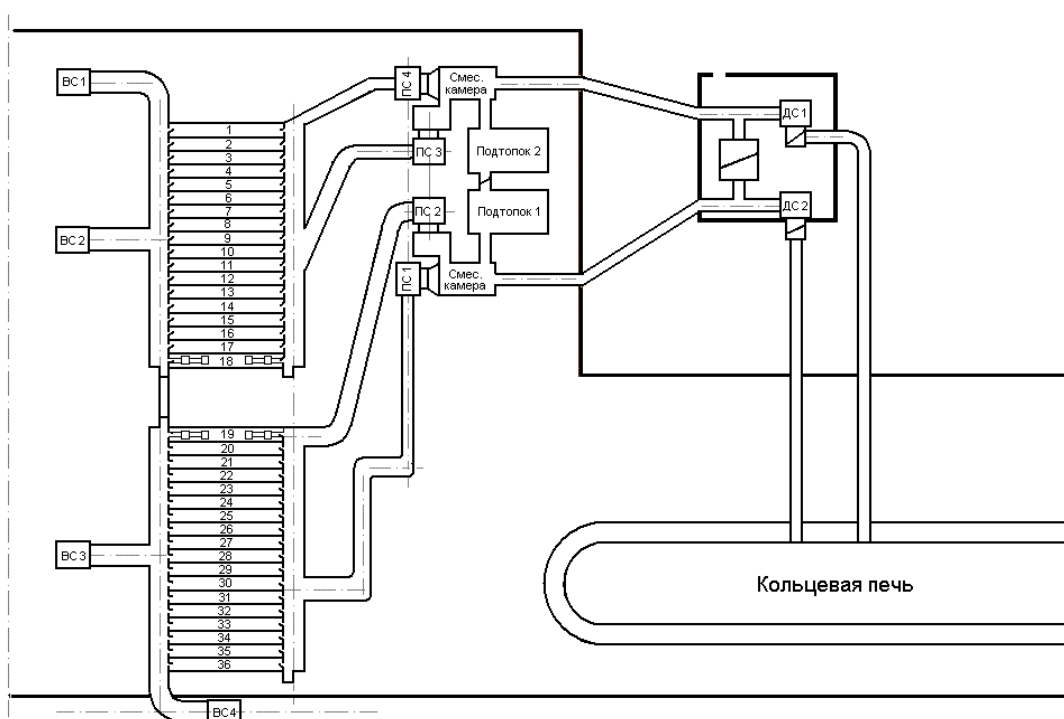


Рис. 1. Схема подачи теплоносителя в туннельные сушила

Туннельная сушилка “Росстпромпроекта” состоит из двух блоков по 18 туннелей. Длина туннеля 41,7 м. Емкость сушильной вагонетки 240 шт.

кирпича-сырца, количество кирпича в туннеле 7200 шт. Согласно технологической карте предприятия температура теплоносителя в центральном канале должна составлять 130 °С, на его входе в туннели с горячей стороны – $90 \pm 5^\circ\text{C}$, на выходе из туннелей на холодной стороне – $37 \pm 2^\circ\text{C}$. Относительная влажность отработанного теплоносителя по технологии сушки равна $87 \pm 2\%$. Срок сушки кирпича-сырца составляет 48 ч. а влажность высушенного сырца не более 8 %. Предприятие выпускает кирпич марок 125, 100, 75 по ГОСТ 530-95.

Завод построен в 50-е гг. прошлого столетия. Из средств контроля технологического режима сушки кирпича остались только термометры, измеряющие температуру теплоносителя после кольцевой печи и после смесительных камер, а также переносные психрометры, применяемые для периодических замеров относительной влажности отработанного теплоносителя.

Производительность печи и сушил на момент испытаний составила 56 тыс. шт. в сутки или 19597,2 тыс. шт/год, что равно 52,5 % от проектной. Влажность сырца, отходящего от пресса, составила 23,4 %, а после сушки – 5,6 %. Уменьшение веса кирпича-сырца в процессе сушки составило 16 %, а в процессе сушки и обжига – 25,15 %.

При обследовании туннельных сушил измеряли температуру, расход, относительную влажность теплоносителя (таблица). В процессе сушки было задействовано 26 сушил.

Результаты обследования процесса сушки свидетельствуют о нестабильности температурных параметров теплоносителя и их несоответствии технологической карте. Низкие температуры теплоносителя на его входе в туннели (менее 90 °С) компенсируются увеличением длительности сушки сырца, достигающей 80 ч, что снижает производительность сушил и кольцевой печи.

Суммарный расход теплоносителя изменяется незначительно и составляет 255-270 тыс. м³/ч. На первый блок туннелей поступает 51-53 % объема теплоносителя, а на второй блок – 47-49 %. В расчете на живое сечение туннелей средние скорости потоков теплоносителя составили 1,36-1,5 м/с, что ниже рекомендуемых 2-2,5 м/с. По полублокам скорость потока теплоносителя неравномерна и изменяется в пределах 0,9- 2,8 м/с, что свидетельствует о необходимости регулирования расходов теплоносителя в каждом туннеле. Расчетный расход теплоносителя составил около 150 тыс. м³/ч, следовательно, подсосы через неплотности дверей сушил составляют 105-120 тыс. м³/ч, т.е. 42-45 % от общего расхода.

Необходимое количество тепла на процесс сушки сырца, рассчитанное без учета теплопотерь на нагрев подсосов воздуха, составило 9344905 кДж/ч, что соответствует расходу угля 583 кг/ч, а с учетом нагрева подсосов воздуха – около 745 кг/ч, т.е. на 162 кг/ч больше.

Таблица. Температурные замеры

<i>Параметр</i>	<i>26.08.10</i>	<i>30.08.10</i>	<i>Параметр</i>	<i>26.08.10</i>	<i>30.08.10</i>
Температура отходящих газов из кольцевой печи, °С: в канале за дымо-сосом ДС № 1; в канале за дымо-сосом ДС № 2	80 73	98 70	Температура дымовых га-зов, °С: подтопка № 1; подтопка № 2	515-560 250-270	456-460 150-175
Температура теплоносителя, подаваемого на первый блок туннелей, °С: в канале за вентилятором ПС № 3; в канале за вентилятором ПС № 4	84 85	88 80	Температура теплоносителя подаваемого на второй блок туннелей, °С: в канале за вентилятором ПС № 1; в канале за вентилятором ПС № 2	62 66	68 78
Усредненная температура теплоносителя на его входе в туннели первого блока, °С	83,4	82,3	Усредненная температура теплоносителя на его входе в туннели второго блока, °С	69,3	67,9
Усредненная температура теплоносителя на его выходе из туннелей первого блока, °С	31,7	34,3	Усредненная температура теплоносителя на его выходе из туннелей второго блока, °С	30,8	28,6

Относительная влажность отработанного теплоносителя изменяется крайне неравномерно в пределах от 43 до 93 %. Средняя относительная влажность теплоносителя на выходе из туннелей за 26.08.10 г. составила 67 %, а за 30.08.10 г. – 73 %. Влагосодержание теплоносителя на его входе в туннельные сушила, согласно произведенным расчетам, составило от 353,6 до 70 г/кг сухого воздуха за 26.08.10 г. и от 51,6 до 31,3 г/кг сухого воздуха за 30.08. 10г. Влагосодержание теплоносителя на холодной стороне сушил составило в среднем 19 г/кг сухого воздуха за 26.08.10 г. и 20,75

г/кг сухого воздуха за 30.08.10 г. Такое значительное снижение количества водяных паров в теплоносителе после проведения процесса сушки кирпича подтверждает наличие неконтролируемых подсосов воздуха как на горячей, так и на холодной стороне сушил.

Для стабилизации режимных параметров сушильного процесса и вывода их на требуемый по технологии уровень в качестве первоочередных мер необходимо установить самопишущий потенциометр с термопарой для записи на диаграммной ленте температуры теплоносителя на выходе его из кольцевой печи и смесительных камер после подтопков. Непрерывная запись температур позволит технологам контролировать режим загрузки угля в подтопках, оперативно корректировать их уровень и стабилизировать температуру теплоносителя, подаваемого на процесс сушки.

Для снижения расхода топлива целесообразно завести в смесительные камеры дымовые газы заводской котельной, имеющие температуру 200-250 °С, выбрасываемые в атмосферу (рис. 2). Утилизация теплоты дымовых газов парового котла, работающего круглогодично, а в зимнее время теплоты дымовых газов и водяного котла позволит уменьшить расход угля на 21-27 %.



Рис. 2. Выброс газов котельной

Для отвода газов котельной в смесительные камеры спроектирована газоподводящая трасса длиной 70 м., рассчитано её аэродинамическое сопротивление и выбран нагнетающий вентилятор.

СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ В СИСТЕМЕ ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЯ

М.В. Деливеров

Научный руководитель А.М. Матвиевский

Сибирский федеральный университет

Работа выполнена на кафедре «Тепловые электрические станции» в рамках учебно-исследовательской работы. Основной целью работы являлось проведение сравнительного анализа характеристик различных типов отопительных приборов, имеющих на отечественном рынке для системы отопления здания студенческого общежития ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет». В результате проделанной работы обоснованы и выданы рекомендации по применению конкретных типов нагревательных приборов для системы отопления здания общежития.

Для достижения поставленной цели в работе были решены представленные ниже задачи.

Выполнен обзор имеющихся на отечественном рынке современных отопительных приборов, пригодных для использования в системе отопления рассматриваемого жилого здания, исходя из технических и эксплуатационных характеристик, стоимости, имеющегося опыта применения и внешнего вида. В качестве отопительных приборов далее в работе рассматривались следующие типы:

- чугунный секционный радиатор, модель MC-140;
- алюминиевый секционный радиатор, модель Calidor Super;
- биметаллический секционный радиатор, модель РБС-500.

Далее в рамках работы выполнен теплотехнический расчет наружных ограждений с определением коэффициента теплопередачи ограждающей конструкции.

Произведен расчет тепловых потерь здания через ограждающие конструкции, определены основные потери по отдельным помещениям общежития. С учетом инфильтрации и внутренних тепловыделений в помещениях определены общие потери тепла в них.

Выполнен тепловой расчет отопительных приборов, в результате которого определены необходимые площади внешней нагревательной поверхности и минимально допустимое число секций отопительного прибора для каждого помещения общежития.

Расчеты выполнены для максимального зимнего режима с расчетными внутренними средними температурами воздуха для жилой комнаты $t_{\text{вн}} =$

20 °С, для кухни $t_{\text{вн}} = 18$ °С, для санузлов $t_{\text{вн}} = 25$ °С, для лестничных клеток $t_{\text{вн}} = 18$ °С и с расчетной температурой наружного воздуха $t_{\text{вн}} =$ минус 40 °С, при продолжительности отопительного периода 234 суток. Температуры воды входящих в прибор и выходящих из него приняты в соответствии с существующим температурным графиком. В расчетах учитывается условие установки в помещениях общежития окон и балконных дверей с повышенными теплозащитными характеристиками (ПВХ с двухкамерным стеклопакетом) и с учетом приведения ограждающих конструкций здания в соответствие с требованиями СН и П 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».

Для здания общежития в целом определены суммарные необходимые площади наружной поверхности рассматриваемых типов отопительных приборов, с учетом удельной стоимости (за 1 м² поверхности нагрева) которых определена общая стоимость проекта по каждому из рассматриваемых типов.

В рамках проделанной работы составлены сметы затрат (по трем вариантам) для замены существующих нагревательных приборов с учетом реализации проекта в 2010 году.

Далее в работе произведен сравнительный анализ характеристик рассматриваемых типов нагревательных приборов и выданы рекомендации по применению в системе отопления здания общежития определенного типа прибора.

Для сравнительного анализа были использованы следующие требования и критерии:

- теплотехнические (передача максимального теплового потока от теплоносителя в помещение через определённую площадь поверхности прибора при прочих равных условиях, обеспечение надлежащего обогрева рабочей зоны помещения);
- эксплуатационные (управляемость теплоотдачи приборов, зависящая от их тепловой инерции, температурная устойчивость и водонепроницаемость стенок при предельно допустимом в рабочих условиях (рабочем) гидростатическом давлении внутри приборов);
- экономические (стоимость одного квадратного метра отопительного прибора и общая стоимость проекта для рассматриваемого здания, экономный расход металла, обеспечивающий повышение теплового напряжения металлов);
- санитарно-гигиенические (относительно пониженная температура поверхности, ограничение площади горизонтальной поверхности приборов для уменьшения отложения пыли, доступность и удобство очистки от пыли поверхности приборов и пространства вокруг него);
- архитектурно-строительные (соответствие внешнего вида отопительных приборов интерьеру помещений, сокращение площади помещений, занимаемой приборами);

- монтажные (стоимость монтажных работ с учетом коэффициентов сложности);
- особые требования к характеристикам теплоносителя;
- ремонтпригодность;
- имеющийся положительный опыт применения.

По результатам проведенных расчетов и сравнительного анализа в рассматриваемом здании к установке рекомендованы биметаллические радиаторы РБС-500 «Сантехпром-БМ», основные технические характеристики которых (отнесенные к одной секции радиатора) представлены в таблице.

Таблица

Характеристика	Значение
Модель	РБС-500
Номинальный тепловой поток, $Q_{н.у.}$, Вт	235
Монтажная высота, мм	500
Высота, мм	580
Длина, мм	75
Глубина, мм	110
Масса, кг	1,9
Площадь наружной поверхности нагрева, m^2	0,43

В расчетах стоимость биметаллических секционных радиаторов за 1 кВт мощности принята от 36 евро, за 1 m^2 поверхности нагрева от 20 евро.

УДК 669.2/8

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ПЛАВКА ВТОРИЧНОГО АЛЮМИНИЯ

Д.Г. Агафонов, А.В. Шестаков
Научный руководитель С.М Тинькова
Сибирский федеральный университет

Теплотехническое обследование печи для плавки вторичного алюминия одного из предприятий алюминиевой промышленности позволило выявить основные недостатки работы: сложная система автоматизации отопления печи; большой угар алюминия, неоднородность расплава. Эти

недостатки характерны для большинства аналогичных печей. Это объясняется, прежде всего: периодичностью работы горелок, наличием большого содержания свободного кислорода в атмосфере печи, продолжительностью плавки, слабой циркуляцией расплава. Указанные недостатки связаны с тем, что системы отопления печей устарели и не отвечают современным требованиям как в плане реализации эффективных технологий, так и со стороны требований к горелочным устройствам.

На рис. 1 показан разрез наклоняющейся печи для плавки вторичного алюминия.

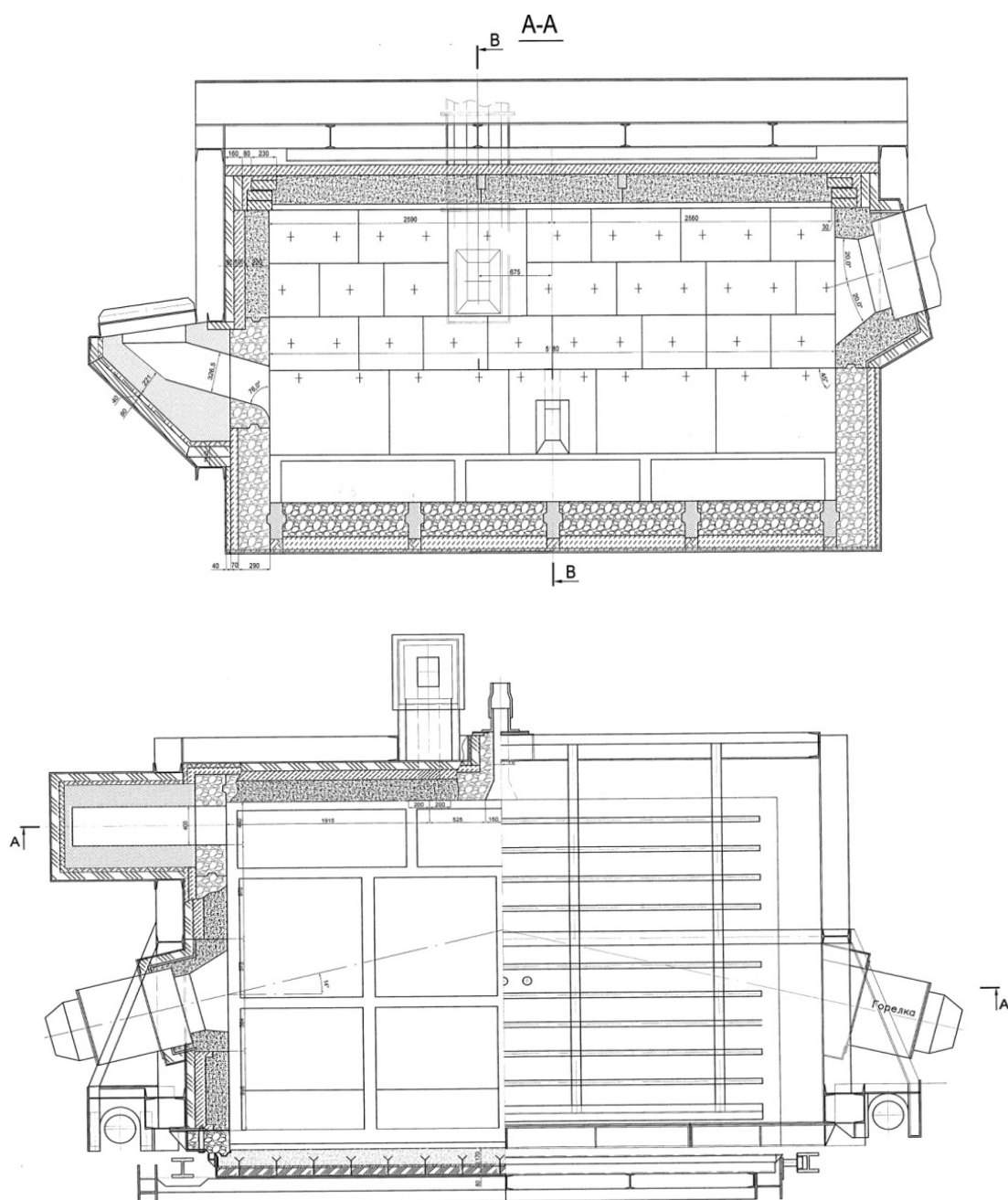


Рис. 1. Печь плавления вторичного алюминия

В данной печи используется газообразное топливо, сжигание которого происходит в паре регенеративных горелок, смонтированных на боковых стенах под углом 15° к горизонтали для направления пламени к поверхности металла. Каждая горелка оборудована встроенным регенератором. Подача топлива, воздуха и отвод отходящих газов регулируется системой автоматизации. Эта система довольно сложна так как горелки работают в периодическом режиме.

Принцип работы горелок показан на рис. 2.

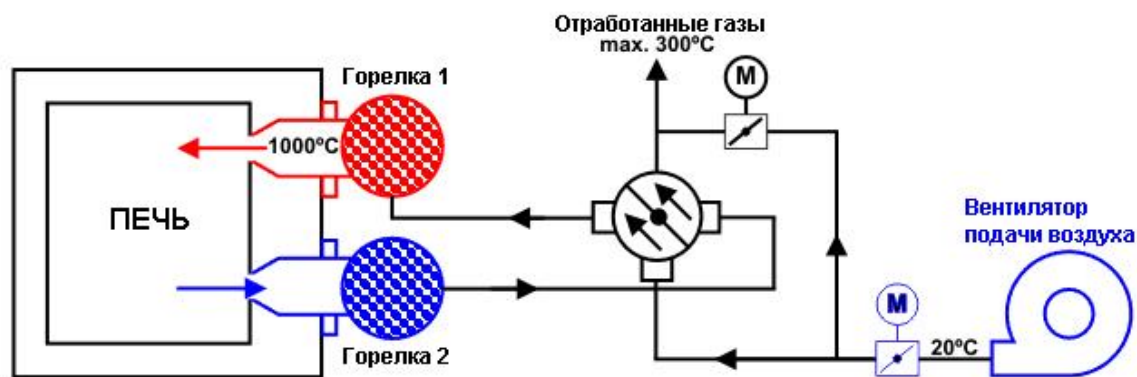


Рис. 2. Принцип работы регенеративных горелок

Во время работы горелки 1 отработанные горячие газы отводятся через горелку 2 и проходят через регенератор горелки 2, нагревая его наполнитель. Когда температура регенератора горелки 2 достигает заданного уровня, с помощью пневматических и электрических клапанов прекращается подача газа и меняются пути движения отработанных газов и холодного воздуха. При этом через горелку 1 отводятся отходящие газы, нагревая регенератор горелки 1, а горелка 2 находится в рабочем состоянии, используя воздух нагреваемый регенератором этой же горелки.

Применяемые горелки обеспечивают работу плавильной печи в отражательном режиме, где основная часть тепла передается излучением от нагретых стен и свода. По результатам обследования печи были выдвинуты следующие предложения по реконструкции системы отопления:

- существенно увеличить конвективную составляющую передачи тепла от факела к расплавляемому металлу и расплаву;
- минимизировать наличие избыточного кислорода;
- упростить систему автоматизации.

Для этого необходимо:

- изменение режима работы горелок с периодического на постоянный;
- замена горелки регенеративного типа на горелки рекуперативного типа;

- выбор горелки с минимальным коэффициентом расхода воздуха;
- изменение автоматического регулирования температуры в печи по температуре уходящих дымовых газов;

- автоматическое поддержание давления в печи на заданном уровне.

Для реализации предложений мы подобрали высокоскоростные горелки типа ГПС с керамическим рекуператором с рабочим диапазоном температур 400-1300 °С.

Скорость струи пламени на выходе горелки составляет 100-150 м/с. Благодаря этому в печи будет создаваться активное перемешивание газов и достигаться равномерное плавление металла.

Горелки конструктивно настроены на оптимальный режим работы и низкий выброс вредных веществ. Содержание СО практически равно нулю. Горелки могут работать в пламенном и беспламенном режиме. Содержание NO_x в обычном режиме горения не превышают 250 – 310 мг/м³, а для горелок, работающих в режиме беспламенного горения, выбросы NO_x очень низкие и находятся в пределах 30-190 мг/м³.

Горелки имеют коэффициент использования тепла топлива до 90 %.

Таким образом, предложенная система отопления позволит снизить угар металла, улучшить циркуляцию расплава, упростить систему автоматизации – это в конечном итоге приведет к снижению энергозатрат.

УДК 620.92

ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАСПОРТОВ ДЛЯ БЮДЖЕТНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Н.О. Костикова

Научный руководитель В.А. Финоченко

Сибирский федеральный университет

Организации бюджетной сферы – крупные потребители энергетических ресурсов. Расходы бюджетов всех уровней на их содержание составляют значительную часть всех бюджетных расходов. Поэтому одной из приоритетных задач в области энергосбережения является проведение мероприятий, обеспечивающих снижение величины бюджетных средств, направляемых на дотирование энергопотребления организаций.

В Красноярском крае насчитывается более 7684 организаций бюджетного сектора. На их содержание ежегодно тратится 18387645,3 тыс.

руб., из которых более 40 % приходится на финансирование электро- и теплоэнергии. Следовательно, энергосбережение в бюджетном секторе может значительно сэкономить финансовые ресурсы края и страны в целом.

В связи с принятием закона об энергосбережении появилась проблема создания энергетических паспортов бюджетных организаций.

Энергетический паспорт – регламентированный нормативный документ, в формах которого по результатам энергоаудита сведены фактические и рекомендуемые показатели энергоэффективности и программа реализации имеющегося резерва экономии энергоресурсов.

Паспортизация бюджетного сектора преследует несколько задач:

- получение объективных данных об объеме используемых энергетических ресурсов;
- определение показателей энергетической эффективности;
- введение лимитов потребления энергетических ресурсов;
- определение потенциала энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- разработку перечня типовых, общедоступных мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности и проведение их стоимостной оценки.

В ходе управления процессами энергосбережения должны решаться следующие задачи:

- 1) работа с организациями для составления энергетических паспортов,
- 2) обработка данных энергетических паспортов организаций, включающая расчет лимитов потребления энергетических ресурсов в натуральном и денежном выражениях,
- 3) выявление объектов с завышенным потреблением ресурсов по данным энергетических паспортов,
- 4) организация и проведение энергоаудитов на объектах организаций с выработкой перечня энергосберегающих мероприятий,
- 5) стимулирование организаций при проведении энергосберегающих мероприятий,
- 6) анализ результатов проведения энергосберегающих мероприятий с выработкой дальнейших решений.

Организации, на которые возложена задача энергоаудита бюджетного сектора, столкнулись с рядом проблем.

Во-первых, отсутствие статистической информации. Большинство организаций не снабжены приборами учета, а это значит, что при проведении энергетического обследования можно получить данные на настоящий момент времени, но сравнить их с предыдущими аналогичными периодами невозможно.

Во-вторых, слабая нормативная база для оценки потребления энергоресурсов.

В-третьих, отсутствие механизма для расчета стоимости проведения энергетического обследования и создания паспорта учреждений. Отсутствие финансово-нормативного документа на федеральном уровне привело к необходимости разработки энергоаудиторскими фирмами собственных временных ценников и прейскурантов, согласуемых с органами Госэнергонадзора и действующих на территории отдельных регионов. Еще один способ оценки стоимости работ – по типу предприятия и на основе визуального обследования его основных энергоемких подразделений и производств определяется приблизительно возможный процент экономии энергоресурсов. По числу используемых энергоносителей и годовых затраты на энергоресурсы стоимость работ может составлять от 0,5 до 1,5 % от суммарного ожидаемого экономического эффекта. Следует заметить, что отсутствие финансовых нормативных документов по обследованию, действующих на всей территории Российской Федерации, и стремление заказчиков провести работу формально (например, выполнить предписание Госэнергонадзора по разработке энергетического паспорта) и как можно дешевле (на основании тендеров) приводят, как правило, к снижению эффективности и качества результирующих материалов.

В-четвертых, территориальная разрозненность. Бюджетный сектор Красноярского края охватывает большой круг учреждений, которые отличаются территориально-климатическими условиями, видами потребляемых энергоресурсов, объемами потребления энергоресурсов, объемами финансирования, изношенностью зданий. Так, например, 3 % всех учреждений имеют печное отопление и отапливаются углем. При этом большинство таких организаций не ведет журналы учета расхода угля, что не позволяет отследить потери.

В-пятых, плохое состояние бюджетного сектора. Бюджетные организации имеют слабое финансирование, в связи с чем износ некоторых зданий 100 %. По этой причине они не стоят на учете в БТИ и по ним нет метрик. Теоретически для таких организации нельзя составить энергетический паспорт. Но на практике паспорта формируются с предписаниями о строительстве нового здания для данной организации. Но денег на исполнение предписание нет.

Чтобы решить эти проблемы, необходимо взаимодействие правительства Красноярского края, руководства и работников этих учреждений, служб, ответственных за проведение энергоаудита, производителей и поставщиков энергосберегающего оборудования и многих других организаций.

УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛОТЫ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ПРИ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОМ ОБЕЗВРЕЖИВАНИИ АНОДНЫХ ГАЗОВ АЛЮМИНИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Д.А. Наказнов

Научный руководитель Ю.И. Сторожев

Сибирский федеральный университет

Термическая нейтрализация вредных составляющих анодного газа электролизеров с самообжигающимся анодом возможна в горелках, расположенных на электролизных ваннах, в газосборных колоколах внизу анода и в автономных устройствах, установленных за пределами электролизеров до системы газоочистки.

Идея централизованного термического обезвреживания газообразных токсичных выбросов в автономной установке в отношении дожигания анодных газов электролизного производства алюминия впервые реализована на КРАЗе по патенту №2321687 авторов Ю.И. Сторожева, Б.П. Куликова и др. «Способ термического обезвреживания анодных газов алюминиевого электролизера и устройство для его осуществления». Анодный газ от пяти электролизеров по теплоизолированной сети подавали в установку автономного термического обезвреживания (рис. 1) и дожигали в горелке с тангенциальным подводом анодного газа и воздуха (рис. 2).

Сбор концентрированных анодных газов, выделяющихся на электролизерах, их транспортирование по теплоизолированным трубопроводам до топочного устройства и централизованное термическое обезвреживание стали возможны благодаря снижению энергетического потенциала анодного газа при переходе алюминиевого производства на сухую анодную массу. Содержание СО и смолистых веществ в анодном газе уменьшилось практически в 2 раза. Теплота горения анодного газа уменьшилась в 1,5 раза. Низкое содержание СО и смолистых веществ в анодном газе практически исключает его пожаро- и взрывоопасность.

Автономная установка включает циклонную топку и тангенциальную горелку, спроектированные на дожигание 700-800 м³ анодного газа в час. Размеры топки: высота 1140 мм, диаметр 680 мм. Горелка состоит из камеры смешения с тангенциальным подводом газа и воздуха высотой 240 мм и камеры дожигания высотой 1060 мм. Камера дожигания охвачена по периметру с зазором 30-миллиметровым экраном-теплообменником. Расход воздуха и объем газоотсоса могут регулироваться поворотными заслонками.

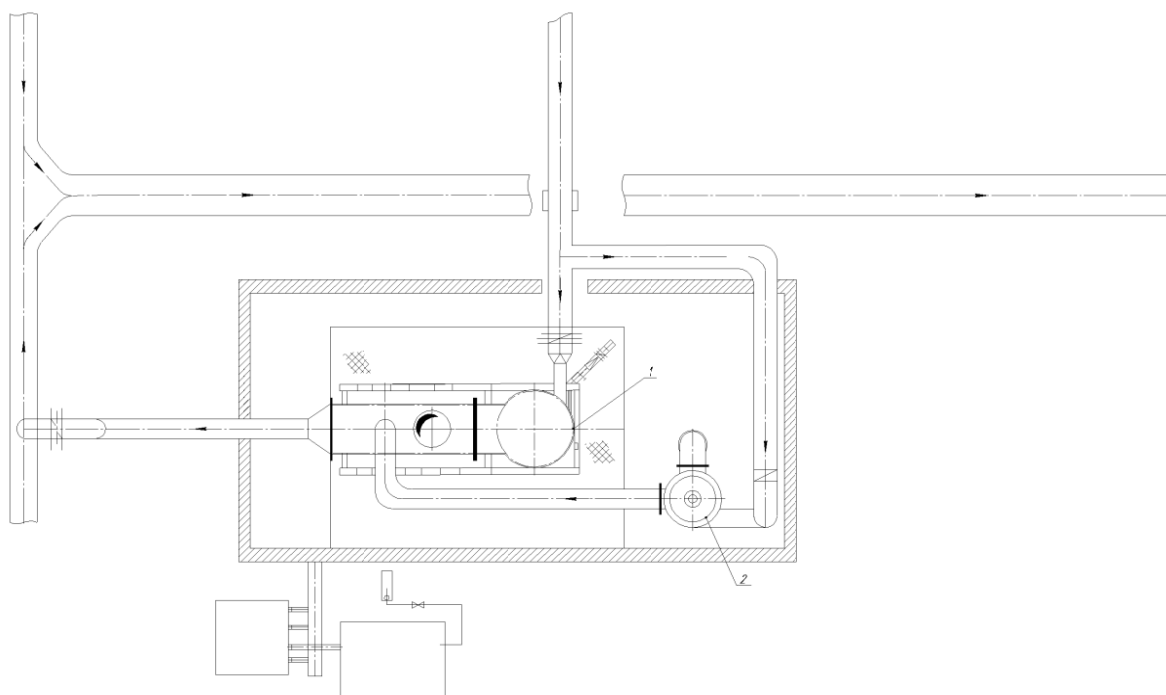


Рис. 1. Установка централизованного термического обезвреживания анодных газов: 1 – циклонная топка; 2 – горелка с тангенциальным подводом анодного газа и воздуха

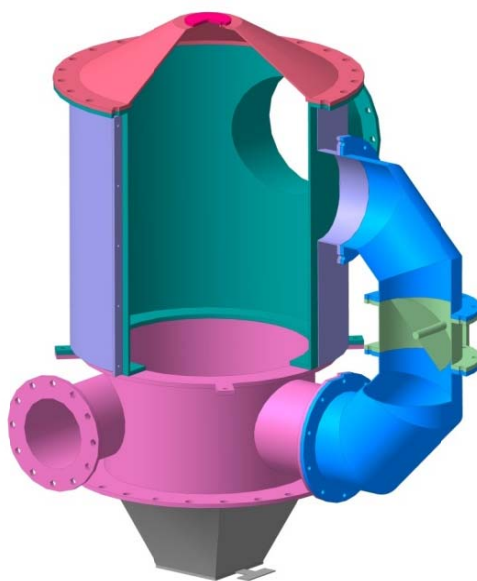


Рис. 2. Горелка с тангенциальным подводом анодного газа и воздуха

Подвод анодных газов к горелке осуществляется параллельно подводу анодных газов к циклонной топке. Отвод дымовых газов запроектирован по вспомогательному газоходу, врезаемому в основной газоход за циклонной топкой. Для осуществления совместной или автономной работы циклонной топки и тангенциальной горелки предусмотрены отсечные шиберы. Горение факела в топке и горелке контролируется визуально и по показаниям термопар.

Анодный газ на входе в установку сохраняет исходную концентрацию СО в пределах 32 – 36,5 % и может гореть без дополнительной подачи дизельного топлива. Температура дымовых газов на выходе из установки составляет 790 – 910 °С. Расход дымовых газов равен 1260 м³/ч. Для использования тепла от сжигания анодных газов установка в перспективе может быть оборудована теплообменным устройством типа «труба в трубе», в котором возможен нагрев воды до температуры 100-150 °С.

Конструкция теплообменного аппарата представлена на рис. 3.

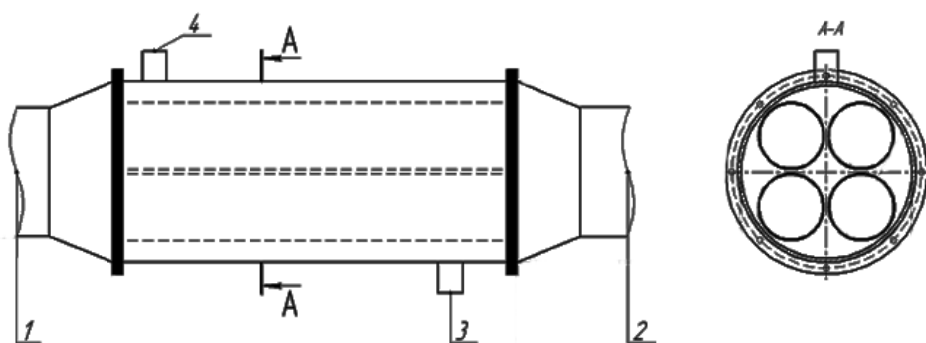


Рис. 3. Теплообменный аппарат типа «труба в трубе»:

1 – вход дымовых газов; 2 – выход дымовых газов; 3 – вход воды; 4 – выход воды

В межтрубное пространство подводится вода из сети, а в трубное – дымовые газы, полученные от сжигания анодных газов в тангенциальной горелке. Исходя из условий теплообмена выбираем трубы с размерами 570х5 и 217х3,5 мм.

Конструкция теплообменного аппарата позволяет осуществлять его чистку при снятии торцевых крышек. Выбираем для установки два таких теплообменных аппарата, чтобы при чистке (ремонте) одного работал второй.

Нагретую воду можно подавать в теплосеть города или использовать на собственные нужды. Количество теплоты, которое возможно снять в теплообменном устройстве, в расчете на одну ванну составляет 63 кВт (0,05 Гкал/ч), а на весь завод (1760 ванн) – 111031 кВт (95 Гкал/ч).

Экономический эффект при использовании теплообменного аппарата основан на стоимости утилизированной теплоты в виде воды, нагретой дымовыми газами при централизованном термическом обезвреживании анодных газов. Стоимость утилизированной теплоты с каждой ванны при цене 1 Гкал, например, 400 рублей по расчету составляет 189 тысяч рублей в год. Экономический эффект может быть дополнен также за счет стоимости предотвращенных вредных выбросов на ТЭЦ при производстве эквивалентного количества теплоты.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЖИГАНИЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

С.В. Орлов

Научный руководитель М.П. Баранова

Сибирский федеральный университет

Получение водоугольных суспензий (ВУС) с последующей их транспортировкой и использованием в качестве энергетического топлива является одним из перспективных путей перевода углей в жидкоподвижное состояние для обеспечения экологических требований по токсичным выбросам в окружающую среду и для замены мазута в промышленных теплоэнергетических установках. Возможность использования в процессе получения ВУС некондиционных углей и отходов угледобычи, углепереработки и других производств позволяет решать вопросы ресурсосбережения.

Для приготовления ВУС подходит уголь разной степени метаморфизма и даже обводненные шламы. Процесс приготовления начинается в шаровой барабанной мельнице, куда поступает уголь и где он измельчается до максимально малой крупности в присутствии реагента-пластификатора и технической воды. Полученная водоугольная топливная суспензия может храниться в резервуарах довольно длительное время, транспортироваться по трубопроводам и сжигаться в теплоэнергетических установках подобно жидким топливам. При этом не происходит окисления исходного угля и суспензии сохраняют свои первоначальные параметры.

Применение ВУС повышает экономичность энергоустановок как за счет снижения недожога, так и вследствие уменьшения загрязнения рабочих поверхностей нагрева в котлоагрегатах. Снижение недожога обусловлено тем, что такие компоненты суспензии, как вода (или другие полярные жидкости), в зоне горения в виде перегретого пара способствуют более тонкому распылению углеродной основы за счет микровзрывов суспензионных капель. Это приводит к более полному ее выгоранию и снижению в отходящих газах сажи, бенз(а)пирена и вторичных углеводородов. Резко сокращается образование и выброс твердых частиц микронных фракций (до 80-95 %), оксидов серы (до 70-85 %) и оксидов азота (до 80-90 %). Воспламенение распыленных капель начинается не с воспламенения летучих паров, а с гетерогенной реакции на их поверхности, в том числе с водой и водяным паром. Активация поверхностных частиц в каплях приводит к снижению температуры воспламенения водоугольной суспензии по сравнению с воспламенением угольной пыли: для топлив из антрацита – в 2

раза, из угля марок Г и Д – в 1,5-1,8 раза, а для топлив из бурых углей она снижается до 300-325 °С. Воспламенение ВУС при правильной организации процесса горения начинается сразу же после ее распыления, как говорят, на «срезе форсунки», т. е. до испарения ощутимой доли массы дисперсной среды. Процесс горения суспензии характеризуется высокой полнотой выгорания топлива (98-99,7 %), малыми избытками воздуха (3-7 %) Выделяется несколько основных способов сжигания ВУС:

- камерное сжигание в распыленном виде;
- слоевой способ сжигания;
- сжигание в кипящем слое;
- низкотемпературный вихревой способ сжигания.

В большинстве случаев для сжигания ВУС используют камерные топki. Жидкое топливо и воздух подают в топку через горелки, которые в части подачи воздуха аналогичны диффузионным горелкам для сжигания богатого газа. Воздух поступает в амбразуру горелки через систему закручивающих поток лопаток (часто поворотных). В центре такой горелки располагается так называемая форсунка (распылитель) жидкого топлива. По принципу работы форсунки бывают:

- паровые,
- механические,
- паромеханические.

Качество распыливания определяется фракционным составом капель и характером распределения их в поперечном сечении струи. Капли ВУС летят в потоке воздуха, быстро прогревающегося за счет подмешивания горячих газов и отчасти за счет излучения. Подогреваясь при этом, в каплях ВУС начинает испаряться частичка воды, тем самым нагревая угольную пылинку до температуры воспламенения, и она загорается. Если смешение воздуха с топливом хорошее и процесс испарения идет при достаточном доступе воздуха, горение протекает в основном в парообразной фазе. При обычно имеющем место локальном недостатке воздуха горение протекает неполно, со значительным выделением сажи и наличием газообразных продуктов неполного сгорания. Раскаленная сажа дает сильное излучение по всему спектру, включая и область видимых лучей («светящийся факел»). Водугольное топливо не содержит значительных количеств золы, и поэтому факельные топki не оборудуются какими-либо устройствами для ее удаления из топочной камеры.

Основные параметры сжигания суспензии, установленные в результате стендовых исследований факельного метода сжигания в цилиндрической камере сгорания, подтверждают, что наибольшая полнота выгорания водугольной суспензии (98-100 %) наблюдается при коэффициенте избытка воздуха $\alpha = 1,05 - 1,20$ и температуре подогрева воздуха 300 °С. Содержание горючих в уносе и в золе, выпавшей в шлаковую воронку, свиде-

тельствует о хорошем выжиге топлива даже при горении водоугольной суспензии преимущественно у фронтальной стенки. Содержание горючих в уносе во всех наладочных опытах изменялось в пределах 11-23 %, содержание горючих в золе составляло 1,0-5 %. Распыленные капли ВУС, попадающие в топочную камеру, нагреваются как за счет теплоты радиационного излучения от пламени, так и за счет высокой температуры газообразных продуктов сгорания. Затем процессы развиваются в следующем порядке: испарение влаги, выход летучих веществ и воспламенение. Воспламенившаяся ВУС сгорает, перемешиваясь со вторичным воздухом, и формирует тем самым условия сгорания для летучих веществ, отделившихся от угольных частиц. Активированный уголь, оставшийся после сгорания летучих, перемешивается со вторичным воздухом для сгорания, формируя слой горения активированного угля. Грубодисперсные частицы перемещаются к выходу топочной камеры еще до завершения сжигания и становятся основной составляющей несгоревших остатков в золе.

Поскольку ВУС сжигается с использованием распыления, получается более выгодное соотношение топлива и воздуха. Кроме того, увеличивается длина пламени, на 20-30 % по сравнению с тем, что можно получить при пылеугольном сжигании угольных частиц.

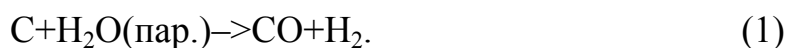
При сжигании ВУС имеет место следующая реакция водяного пара в зоне сгорания



При данной реакции относительная излучательная способность пламени сжигания ВУС в основной зоне горения становится ниже, чем при горении тонкодисперсных угольных частиц. Температура пламени ВУС меньше приблизительно на 100 °С, что вызвано расходом тепла на скрытую теплоту парообразования содержащейся в ВУС влаги.

Сжигание этого топлива проводится при очень малых избытках воздуха (3-7 %), что способствует снижению тепловых потерь с уходящими газами и повышению КПД котла. Процесс горения ВУС во всех случаях характерен высокой полнотой выгорания топлива (98-99,7 %), резким снижением механической неполноты сгорания и полным отсутствием химической неполноты сгорания топлива, что позволяет существенно повысить эффективность его использования, особенно в котлах со слоевым сжиганием угля, в которых КПД котла возрастает в этом случае с 50-60 до 80-85 %.

Снижение выбросов в случае сжигания ВУС, обусловлено химическими реакциями, в которых принимает участие вода как несущая среда суспензий. Это взаимодействие перегретого пара с углеродом топлива и термическая диссоциация воды:





Образующийся кислород стимулирует процесс горения, а водород и монооксид углерода являются восстановителями и способствуют снижению содержания в отходящих газах оксидов азота и серы:

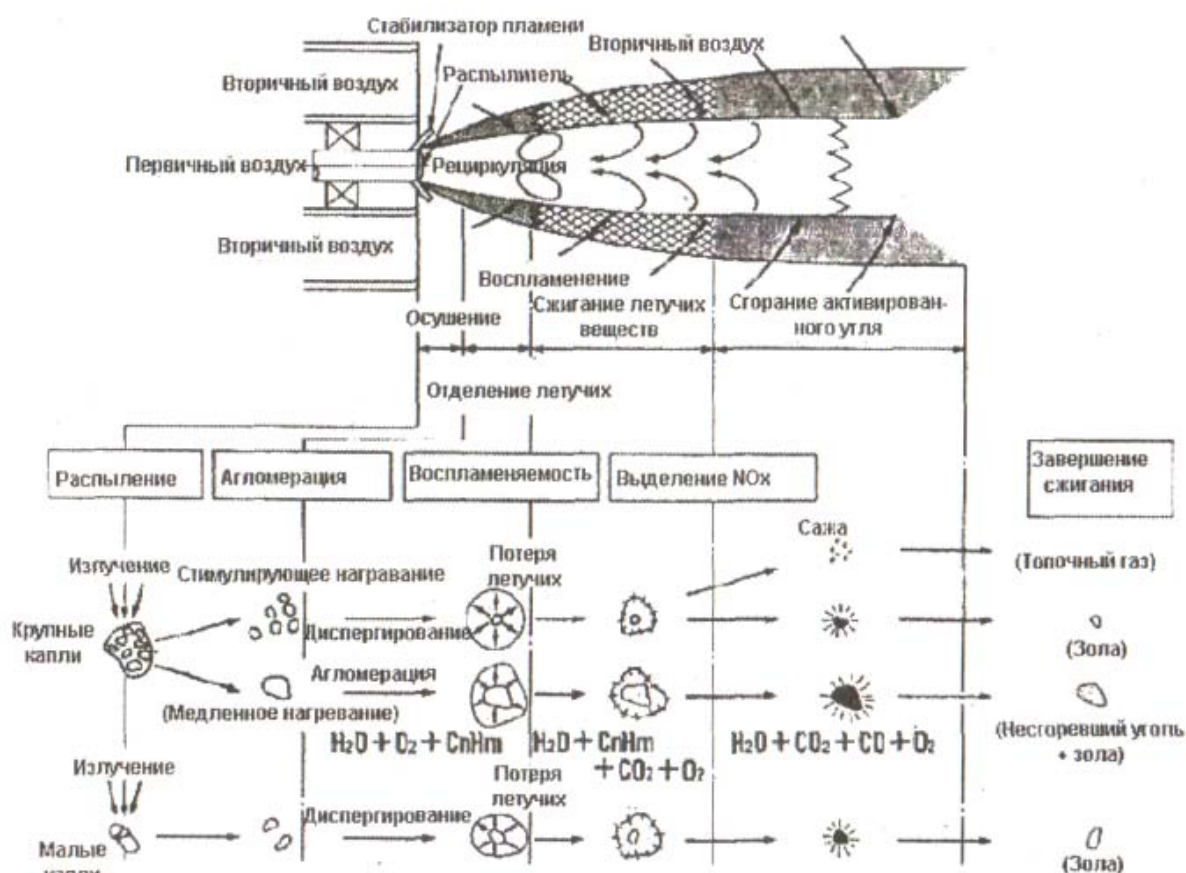


Рис. 1. Особенности сжигания ВУС

Таким образом, все это позволяет рассматривать ВУС как экологически более чистое топливо по сравнению с углем, не требующее создания дополнительных систем очистки продуктов горения от вредных веществ перед их выбросом в атмосферу. По сравнению с углем сжигание ВУС практически предотвращает образование летучей золы, вдвое снижает образование оксидов углерода, в 6-8 – раз оксидов азота. Полнота выгорания углерода достигает 99,5 %. При сжигании водоугольного топлива (ВУС)

летучая зола агломерируется, вследствие чего выбросы твердых частиц также сокращаются на 80-90 %.



Рис. 2. Факторы, влияющие на сжигание ВУС

Следует отметить, что в процессе производства (при необходимости) ВУС может быть деминерализована (со снижением зольности до 1-5 %); в нее могут быть введены химические присадки, существенно улучшающие свойства этого топлива.

УДК 620.9:65.01

ОБ УПРАВЛЕНИИ ЭНЕРГОРЕСУРСАМИ НА ПРЕДПРИЯТИИ

А.М. Тарви

Научный руководитель Е.В. Костоуова

Сибирский федеральный университет

Изменение экономических условий хозяйствования оказывает огромное влияние на развитие и функционирование электроэнергетического комплекса, так как задачи современного производства тесным образом связаны с потреблением электроэнергии. Чтобы произвести любой товар, необходима электроэнергия. Исторически сложившаяся ее невысокая стоимость, а также нормативно-законодательная база обеспечивали потребителей недорогой электроэнергией, не позволяя электроснабжающим организациям вводить штрафные санкции и отключать потребителей в случае нарушения условий договора. Низкая стоимость электроэнергии давала потребителям возможность не прилагать много усилий для улучшения энергоэффективности производства. Однако современные условия и пла-

номерное ежегодное повышение стоимости электроэнергии заставляют сегодня внимательнее относиться к потреблению электроэнергии, а высокая стоимость новой мощности – задумываться о целесообразности ее приобретения. Переход к оптовому рынку электроэнергии обострил проблемы, связанные с точностью прогнозирования спроса на электроэнергию, ужесточив требования, предъявляемые к скорости составления и надежности прогнозов. Новые условия, связанные с введением жестких штрафных санкций, требуют от снабженческих организаций внедрения современных программно-аппаратных комплексов, осуществляющих сбор информации об электропотреблении и составление точных прогнозов с использованием моделей, гибко и адекватно реагирующих на изменение тенденций. Актуальность проблемы проявляется в применении полученных результатов для оперативного и тактического управления производством электроэнергии, позволяющих повысить эффективность ее производства и распределения и, как следствие, сдерживать рост цен (тарифов) на электроэнергию, добиваться относительного снижения тарифов. Знание тенденций и закономерностей спроса на электроэнергию позволяет выбрать тип воспроизводства, структуру территориального размещения производства электроэнергии, а также рациональное управление энергоресурсами.

Сегодня у российских предприятий есть несколько направлений по улучшению эффективности использования энергоресурсов:

- оптимизация и планирование потребления электроэнергии;
- снижение коммерческих и технических потерь электроэнергии;
- снижение энергоемкости продукции;
- введение энергосберегающих мероприятий.

По оценкам специалистов, насчитывается свыше 150 различных методов планирования потребления электроэнергии, на практике же в качестве основных используется лишь 15 – 20.

Интуитивные методы базируются на интуитивно-логическом мышлении. Они используются в тех случаях, когда невозможно учесть влияние многих факторов из-за значительной сложности объекта или объект слишком прост и не требует проведения трудоемких расчетов.

Среди интуитивных методов широко известны методы экспертных оценок. Они используются как в нашей стране, так и за рубежом для получения прогнозных оценок развития производства, научно-технического прогресса, эффективности использования ресурсов и т.п. Применяются также методы исторических аналогий и прогнозирования по образцу. Здесь имеет место своеобразная экстраполяция. Техника прогнозирования состоит в анализе высокоразвитой системы (страны, региона, отрасли, предприятия) одного и того же приближенного уровня, который теперь имеется в менее развитой аналогичной системе, и на основании истории развития изучаемого процесса в высокоразвитой системе строится прогноз для ме-

нее развитой системы. Исследуя внутренние условия и закономерности развития объекта, приходят к окончательному выводу.

К формализованным методам относятся методы экстраполяции и методы моделирования. Они базируются на математической теории.

Среди методов экстраполяции распространение получил метод подбора функций, основанный на методе наименьших квадратов (МНК). В современных условиях все большее значение стали придавать модификациям МНК: методу экспоненциального сглаживания с регулируемым трендом и методу адаптивного сглаживания.

Методы моделирования предполагают использование в процессе планирования различного рода экономико-математических моделей. Различают следующие модели: матричные, оптимального планирования, экономико-статистические (трендовые, факторные, эконометрические), имитационные, принятия решений.

На данный момент на практике распространены два метода планирования потребления электроэнергии: традиционный и инновационный.

Традиционный метод пригоден для планирования потребления предприятиями с высокой ритмичностью производства, где практически нет событий, изменяющих состав продукции и производственную программу. Такой метод основывается на статистических данных за прошлые годы потребления электроэнергии.

Инновационный метод – «почасовка» – планирование потребления электроэнергии по каждому часу на любой период времени на основе производственной программы. Позволяет быстро и точно пересчитать почасовые потребности в электроэнергии при изменении режимов работы оборудования, технологии или при изменении плана производства. Распространение данного метода обосновывается тем, что согласно темпам либерализации рынка электроэнергии, утверждённым Постановлением Правительства РФ №205 от 07.04.2007 г., доля поставки электроэнергии по нерегулируемым ценам увеличивается каждые полгода и с 01.01.2011 г. должна составлять 100 %. Учитывая тот факт, что свободные нерегулируемые цены, как правило, выше регулируемых тарифов, полная либерализация рынка может повлечь за собой рост тарифов на электроэнергию для предприятий – конечных потребителей.

С момента вступления в силу «Правил функционирования розничных рынков электрической энергии в переходный период реформирования электроэнергетики» предприятия с присоединённой мощностью свыше 750 кВт (в число таких потребителей входят в основном крупные промышленные и коммунальные предприятия) должны в договорах с энергоснабжающей организацией предусматривать планирование почасового объема электрической энергии.

Недостатком метода является то, что достаточно сложно составить объективный прогноз почасовых объемов потребления. При его формировании необходимо учитывать различные факторы (изменение состава работающего оборудования, наличие сырья, производственных заказов и прочее).

Достоинством считается то, что данный метод позволяет минимизировать отклонения фактических значений электропотребления от плановых. Это даёт возможность снижать стоимость электроэнергии в среднем на 5 % ежемесячно.

С точки зрения управления энергоресурсами сложившаяся типовая схема промышленного предприятия включает в себя структурно и технологически связанные производства, цеха, участки, станки и оборудование, объекты непроизводственной сферы и другие места возникновения затрат энергоресурсов. Экономить энергоресурсы и финансовые средства на их оплату поможет внедрение современного и высокоточного учета на границе раздела балансовой принадлежности для обеспечения финансовых расчетов с поставщиком энергоресурсов. Но фактически это есть не что иное, как подведение итогов (результатов) энергопотребления в результате работы предприятия в целом (за установленный интервал времени). Основным моментом в решении проблемы энергосбережения на промышленном предприятии является внедрение разветвленной по всей иерархии предприятия автоматизированной системы учета, контроля и управления потреблением энергоресурсами по всем местам возникновения затрат энергоресурсов вплоть до рабочего места и энергоемкого оборудования. С ее помощью все непроизводительные затраты энергоресурсов будут объективно установлены, определены источники потерь и на этой основе составлены конкретные мероприятия по энергосбережению по всей иерархии предприятия, реальный контроль за их выполнением, будет определен метод планирования и объективно оценен конечный результат.

Таким образом, чтобы эффективно управлять энергоресурсами предприятия, необходимо применять меры, способствующие энергосбережению:

1. Регулирование графика нагрузки энергосистемы (снижение максимума нагрузки в пиковой зоне суточного графика энергосистемы; увеличение энергопотребления в период «ночного провала» суточного графика; сдвиг пиковой нагрузки потребителя во внепиковую зону графика нагрузки энергосистемы, в том числе в зону «ночного провала»; привлечение для регулирования суточного графика нагрузки энергосистемы множества мелких потребителей). Оптимизация режимов энергопотребления при этом обеспечивает сокращение потребности в генерирующей мощности энергосистемы, уменьшение зависимости производства электроэнергии от наличия дефицитных видов топлива, повышение доли наиболее экономичных

базовых электростанций в покрытии графика нагрузки энергосистемы; снижение себестоимости электроэнергии и платы за нее.

2. Выявление непроизводительных расходов и потерь электроэнергии у потребителя. Оно проводится путем обследования состояния электроустановок потребителя и режимов их работы, анализа энергобаланса предприятия, контроля за проведением мероприятий по экономии электроэнергии и применением действующих тарифов и шкал скидок-надбавок к ним, проверки наличия планов организационно-технических мероприятий по экономии электроэнергии и их выполнения, работы по регулированию графика энергопотребления, степени нормирования энергопотребления.

3. Сокращение неучтенного энергопотребления. Это касается главным образом случаев умышленного нарушения потребителем системы расчетного учета энергопотребления (из-за досрочного использования потребителем договорных объемов энергопотребления в результате неоптимального расходования электроэнергии на обогрев помещений, нерационального режима освещения и т.п.) и правил пользования электроэнергией. Расточительное расходование электроэнергии наносит ущерб в первую очередь поставщику электроэнергии.

4. Изменение тарифной политики. Одно из действенных направлений стимулирования энергосбережения — опережающее по отношению к общему индексу цен повышение цены на электроэнергию, которое может осуществляться непосредственно с указанной целью, а также носить естественный характер, связанный с ростом затрат поставщика на топливо, выработку, транспортировку и распределение электроэнергии, на удовлетворение растущих требований к охране окружающей среды. Энергосбережение в этих условиях способствует сокращению затрат потребителя на электроэнергию и поддержанию размеров прибыли и соответствующих фондов на прежнем уровне.

Важность планирования, рационального управления энергоресурсами на предприятии очевидна. Любое предприятие может снизить стоимость продукции, так как значительную часть ее составляют затраты на энергоресурсы.

ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

УДК 735.29.(32)

ПРОЦЕСС ДЕПАРАФИНИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

К.А. Башмур

Научный руководитель Д.О.Макушкин

Институт нефти и газа СФУ

В данной статье предлагается и обосновывается универсальный комбинированный метод борьбы с асфальтосмолопарафиновыми (далее АСПО) отложениями в скважине, содержащий как тепловой, так и механический методы удаления отложений.

Недра Восточной Сибири обладают сейчас огромными запасами углеводородов, а в 2009 г. открыта эксплуатация крупнейшего Ванкорского месторождения. В условиях Крайнего Севера по-новому встаёт вопрос экономически выгодной и одновременно разумной добычи сырья. Специфика природных условий, связанная с низкими температурами, требует применения, наряду с адаптацией традиционных технологических процессов добычи к этим условиям, разработки и внедрения новых эффективных методов.

Парафин, который содержится в нефти, выходящей из скважины, находится в разжиженном состоянии. По мере приближения нефти к поверхности ее температура падает, особенно в зимнее время. Нефть становится более густой и вязкой, и парафин, выделяясь и оседая на стенках труб, образует нарост, сужающий проходное отверстие трубопровода и, соответственно, уменьшает дебит скважины. Классификация известных методов борьбы с АСПО приведена на рис. 1.

Очистка скребками является механическим методом депарафинизации скважин и наземных трубопроводов. В зависимости от того, что подлежит депарафинизации: НКТ, спущенные в скважину, обсадная колонна или наземный трубопровод, применяют различные типы скребков.

Принцип работы всех скребков, независимо от их назначения, типа и конфигурации, всегда один – режущая кромка скребка убирает слой парафина со стенок труб и выталкивает его и твердые частицы на забой сква-

жины при депарафинизации НКТ и обсадной колонны или выносит их к камере приема скребков при депарафинизации наземного трубопровода.

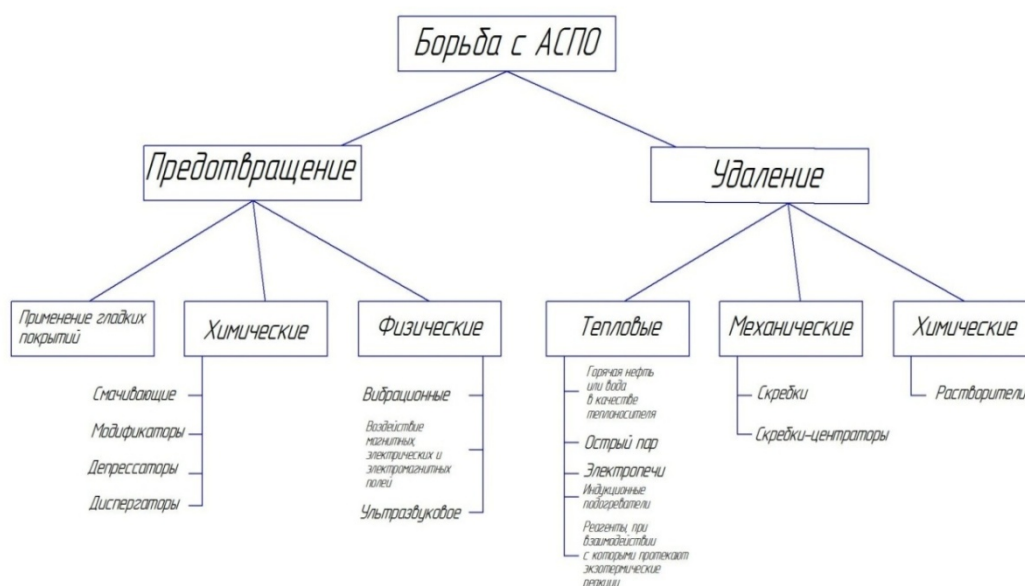


Рис. 1. Классификация методов борьбы с АСПО

В настоящее время нашли применение устройства для предупреждения образования и ликвидации гидратных и парафиновых отложений и пробок в скважинах с использованием тепловой энергии. Такие устройства содержат подключенный к источнику тепловой энергии излучатель тепловой энергии, спущенный в колонну подъемных труб или в межтрубное пространство скважины. Метод основан на свойстве парафина плавиться при температурах выше 50 °С, а при повышении температуры нефти её вязкость уменьшается.

На этом основан также и метод горячей прокачки. Назначением горячей прокачки является закачка горячей нефти в НКТ, находящихся в скважине, или в небольшой отрезок наземного трубопровода малого диаметра с целью растопить наrost парафина на стенках труб, растворить его в горячей нефти и вымыть из труб. Недостатком этого метода депарафинизации является то, что после проведения прокачки трубы остывают довольно быстро, а значит, вновь начинается процесс парафинизации стенок труб. Поэтому процедуру прокачки через короткий промежуток времени приходится повторять.

Рассмотрим недостатки метода с использованием тепловой энергии и механического при спуске скребка в НКТ. Тепловой метод как таковой малоэффективен при низких температурах дневной поверхности. Из-за недостаточной мощности тепловых излучателей мы наблюдаем АСПО вблизи устья (50 м). Скребок спускается на проволоке, может застревать в парафине и обрываться, что создает дополнительные проблемы.

Эти недостатки требуют более универсального метода предупреждения образования и ликвидации гидратных и парафиновых отложений и пробок в подъемных трубах при любом способе эксплуатации скважины: фонтанном, газлифтном, любом механизированном (с использованием электроцентробежных насосов, штанговых глубинно-насосных установок, винтовых насосов с приводом на дневной поверхности и т.д.). При этом метод должен быть применим при подъеме жидкости любой вязкости, в том числе высоковязкой, высокопарафинистой, или жидкости, теряющей текучесть при положительных значениях температуры среды транспортирования жидкости. Оборудование же, используемое при реализации метода, должно обладать высокой эксплуатационной надежностью и эффективностью работы. Естественным образом здесь и решается задача увеличения производительности отбора скважинного продукта.

Для решения проблемы может быть предложен универсальный метод, сочетающий использование теплового излучения и скребков. Для этого в устройство для предупреждения образования и ликвидации гидратных и парафиновых образований в подъемных трубах нефтяных и газовых скважин вводится тепловой излучатель, который размещается в колонне подъемных труб и подключается на дневной поверхности к источнику тепловой энергии, а на тепловом излучателе устанавливается подогреваемый им скребок. Тепловой излучатель должен быть выполнен протяженным и снабжен грузонесущим элементом такой же протяженности. Тепловой излучатель и грузонесущий элемент выведены на дневную поверхность через герметизатор на устье скважины для подключения, соответственно, к источнику тепловой энергии и к механизму возвратно-поступательного перемещения излучателя, а его свободный конец соединен с грузонесущим элементом: при этом на тепловом излучателе установлена так называемая подогреваемая летучая пара скребков. Схема устройства показана на рис. 2.

В качестве протяженного теплового излучателя (9) может быть использован электрический нагревательный кабель или гибкий трубопровод, заполненный или перегретым паром, или горячей нефтью, или горячей водой. А в качестве протяженного грузонесущего элемента (10) может служить бронированная оболочка электрического нагревательного кабеля, или грузонесущий трос, или гибкий трубопровод, или колонна насосных штанг. Скребок (3) может быть выполнен с возможностью изменять объем в зависимости от температуры нагрева теплового излучателя для большей сцепляемости с трубой в местах АСПО. Для этого материалом скребка должен служить теплопроводный материал, например полиамид. Источник тепловой энергии (1) регулируемый. Тепловой излучатель (9) может быть по длине с отличающимися участками излучения тепловой мощности, для этого кабель выполняют с участками разного электрического сопротивле-

ния. Механизм возвратно-поступательного перемещения (5) служит для регулирования длины хода теплового излучателя (9) со скребком (3).

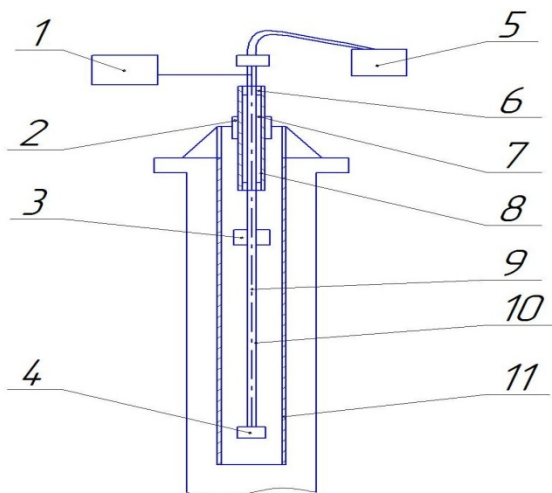


Рис. 2. Устройство для предупреждения основания и ликвидации АСПО:

1 – регулируемый источник; 2 – устьевой сальник; 3 – скребок; 4 – утяжелитель; 5 – механизм возвратно-поступательного перемещения; 6 – сальниковое уплотнение; 7 – полированный шток; 8 – герметизатор; 9 – тепловой излучатель; 10 – грузонесущий элемент; 11 – НКТ

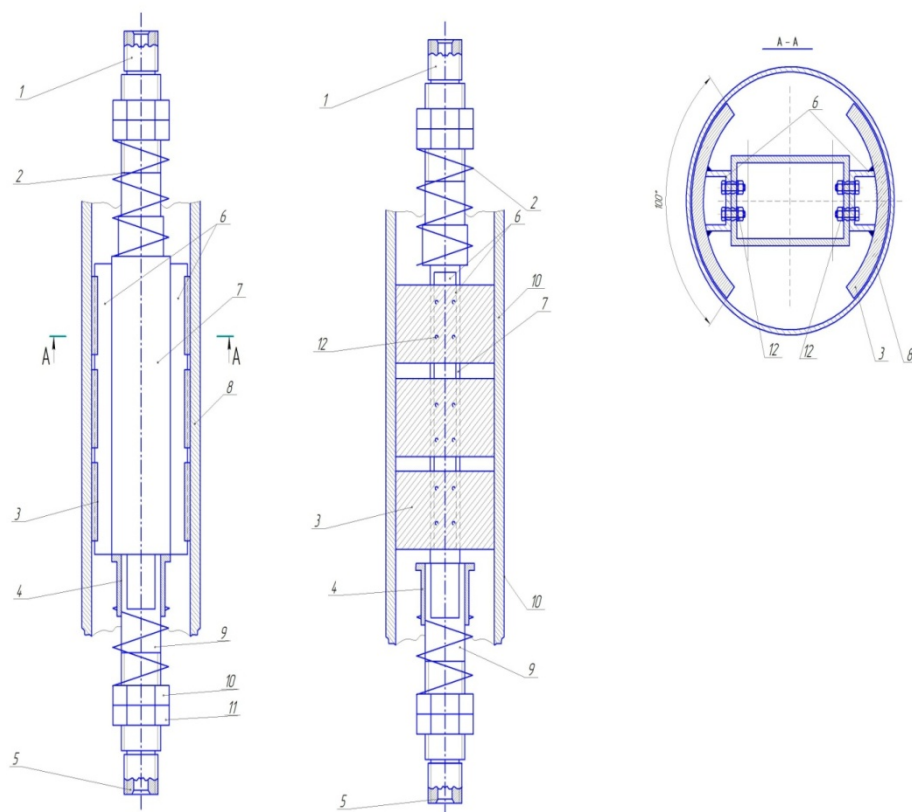


Рис. 3. Скребок: 1, 5 – узлы присоединения; 2 – пружина; 3 – ножи; 4 – втулка направляющая; 6 – съемный элемент; 7 – корпус; 8 – колонна НКТ; 9 – цилиндрическая оконечность; 10, 11 – гайка и контргайка; 12 – болты

Рекомендуемая конструкция скребка изображена на рис. 3. К скребку должен быть последовательно присоединен ещё один скребок, но повернутый относительно первого на 90 °С, образуя очистную пару скребков, что объясняется их конструктивной особенностью, определяемой необходимостью лёгкой смены изношенных ножей, а не очистного комплекса целиком.

УДК 622.016.25

СОЗДАНИЕ СКВАЖИННОГО ФИЛЬТРА

А.О. Ледков

Научный руководитель П.М. Кондрашов

Сибирский федеральный университет

Разработка Ванкорского нефтяного месторождения ведётся горизонтальными скважинами с длиной горизонтального участка около 1000 м. Для повышения продуктивности, снижения затрат и риска горизонтальные скважины часто заканчивают без обсадной колонны в продуктивных интервалах, из-за чего возникает вынос в неё породы. Возможны два варианта фильтрации: отделение песка от нефти на поверхности и внутри скважины. Как первый, так и второй методы отделения нефти от песка применяются на различных нефтяных месторождениях. Промысловый опыт добычи углеводородов показывает, что рациональный путь борьбы с выносом песка – это установка фильтров.

В настоящее время разработано множество видов скважинных фильтров, но наибольшее распространение получили каркасно-стержневая, кольчатая и перфорационная конструкции. Каждая из перечисленных конструкций требует свой индивидуальный подход для точного расчёта фильтрационного потока к скважине.

При проектировании скважинных фильтров необходимо учитывать условия, в которых он будет работать, а это аномальные давления и температура, коррозионная среда, неустойчивость коллектора и т.д. При этих условиях фильтр должен обладать высокой пропускной способностью, задерживать частицы достаточно малого размера, быть несложным в эксплуатации, иметь большой ресурс работы, а также низкую стоимость. Определяющим фактором по выбору конструкции фильтра является тип коллектора, его однородность и проницаемость.

Выбор фильтра, подходящего к конкретным геологическим условиям скважины и обеспечивающего длительное время эксплуатации, представляет собой весьма сложную техническую задачу.

Опишем движение флюида по фильтрующей поверхности, установим зависимость скорости флюида от длины фильтра.

Нами предложена конструкция фильтра, который соответствует вышесказанным условиям. На рис. 1 изображён прототип предлагаемого нами скважинного фильтра. Он состоит из перфорированной трубы с муфтой, металлической сетки, проволоочной обмотки, рёбер. Недостатком прототипа является засорение фильтрующей поверхности, т.к. частицы, размер которых больше размера щели, остаются на фильтрующей поверхности. Разработанный нами скважинный фильтр значительно увеличит время работы фильтрующей поверхности за счёт своих конструктивных особенностей.

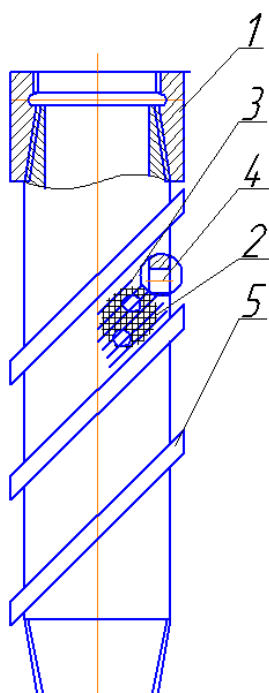


Рис. 1. Прототип изобретения: 1 – муфта с перфорированной трубой;
2 – металлическая сетка; 3 – проволоочная обмотка;
4 – перфорационные отверстия; 5 – рёбра

Флюид в скважине, направляясь к фильтру рис. 2, распространяется вдоль него по сложной поверхности, поверхности второго порядка, а именно по одному из частных уравнений вырожденной поверхности, эллиптического параболоида:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 2z. \quad (1)$$

Для нашего случая необходимо, чтобы вершина эллиптического параболоида была конечной точкой движения флюида, поэтому уравнение примет следующий вид:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = -2z. \quad (2)$$

Определив траекторию движения жидкости, мы сможем найти её скорость и ускорение.

Составленные выше уравнения сейчас мы анализируем, находим способ их решения, определяем граничные условия, некоторые особенности работы фильтра. Также для более полного математического описания работы фильтра необходимо составить уравнение Лагранжа 2-го рода. Запишем интеграл Коши – Лагранжа

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + \frac{V^2}{2} + p + \Pi = f(t), \quad (3)$$

где $\frac{\partial \varphi}{\partial t}$ – значение угловой скорости; V – линейная скорость; p – давление в данной точке потока; Π – потенциал, учитывающий объёмные силы $F = -grad\Pi$; $f(t)$ - произвольная функция времени, одинаковая во всей области течения жидкости и определяемая из граничных условий.

На рис. 2 представлена схема движения флюида по сложной фильтрующей поверхности, а также распределение скоростей по длине фильтра.

Построим график зависимости скорости притока флюида к поверхности фильтра от его длины рис. 3. Примем, что фильтр установлен в вертикальной или наклонной скважине над продуктивным пластом. Начало отсчёта длины фильтра считаем от места соединения фильтра с колонной насосно-компрессорных труб.

Можно задать некоторые условия: давление по длине фильтра будет изменяться в малых пределах, значит, зададим его постоянным $p = \text{const}$, скорость жидкости $\frac{\partial \varphi}{\partial t}$ в заданной точке пространства изменяется с течением времени

$$\frac{d\varphi}{dt} = f(x, y, z, t), \quad (4)$$

где x, y, z - координаты в пространстве.

Скорость жидкости можно записать следующим образом:

$$\frac{d\varphi_x}{dt} = \frac{dx}{dt}, \frac{d\varphi_y}{dt} = \frac{dy}{dt}, \frac{d\varphi_z}{dt} = \frac{dz}{dt}; V = grad\varphi. \quad (5)$$

где dx, dy, dz – проекции пути на соответствующие координаты.

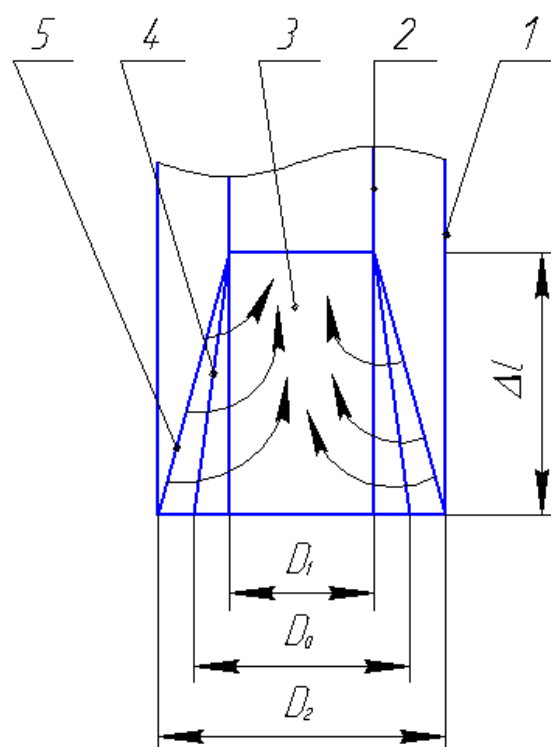


Рис. 2. Схема притока флюида к поверхности фильтра:
 1 – эксплуатационная колонна; 2 – колонна насосно-компрессорных труб;
 3 – скважинный фильтр; 4 – поверхность, по которой происходит приток флюида;
 5 – кривая зависимости скоростей флюида

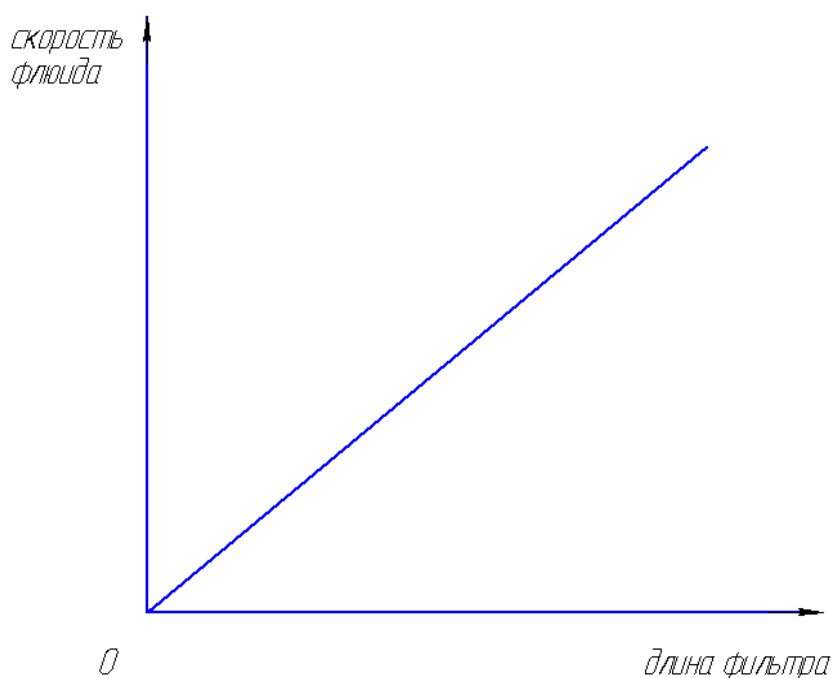


Рис. 3. График зависимости скорости флюида от длины фильтра

$$\begin{cases} \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = -2z \\ \frac{\partial \varphi}{\partial t} + \frac{V^2}{2} + P + \Pi = f(t). \end{cases} \quad (6)$$

Получается система уравнений, решив её, мы сможем найти скорость притока флюида, фильтрации, коэффициент фильтрации, работоспособности фильтрующей поверхности фильтра, массу добываемого продукта. Это позволит доказать экономическую эффективность применяемого фильтра. Однако уже сейчас, проведя ряд исследований, можно утверждать, что проектируемый фильтр будет работать с необходимой степенью очистки дольше благодаря своей специальной конструкции.

Выводы

1. Решение проблемы, связанной с выносом песка в скважину, является актуальной задачей.

2. Для Ванкорского месторождения наиболее приемлемы фильтры с перфорационной структурой и проволоочной обмоткой. Такие фильтры выдерживают высокое давление в скважине и позволяют получать высокий дебит флюида.

3. Разработана более совершенная конструкция фильтра, которая будет удовлетворять предъявляемым к ним требованиям. Эффект от применения данного фильтра: увеличение времени работы фильтра и скважины, т.е. уменьшаются временные и экономические затраты на ремонт ствола скважины, добываемый дебит флюида резко не изменяется при эксплуатации скважины, т.е. добывается больше флюида, увеличивается экономическая прибыль. Предполагаемая стоимость изготовления фильтра не дороже фильтров, производимых российскими фирмами.

4. Для математического описания работы фильтра следует использовать уравнения Лагранжа 2-го рода, уравнения фильтрационной поверхности 2-го рода. Это установит зависимость пропускной способности и тонкости очистки от конструктивных факторов и свойств флюида. Позволит создать типоразмерный ряд фильтров с перфорированной трубой с муфтой, металлической сеткой, проволоочной обмоткой и другими конструктивными элементами.

5. Для экспериментального исследования фильтров целесообразно создание лабораторных установок.

6. Для определения эмпирических коэффициентов работы фильтра необходимо провести ряд экспериментальных исследований.

7. Выполнение перечисленных работ позволит подобрать и рассчитать наиболее работоспособный фильтр согласно геологическому строению месторождения.

СПОСОБ ГЛУБОКОГО ОБЕССОЛИВАНИЯ ВОДОНЕФТЯНОЙ ЭМУЛЬСИИ И ТЕХНИЧЕСКОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

М.А. Осипов

Научный руководитель Т.С. Спирин

Сибирский федеральный университет

Унифицированная технологическая схема подготовки нефти на промыслах предусматривает обезвоживание нефти и, как следствие, ее одновременное обессоливание. При этом оба процесса технологически усложняются на стадиях глубоких обезвоживания и обессоливания нефти.

Глубокое обезвоживание нефти осуществляют при температуре 40-60 °С, достигаемой вследствие нагрева предварительно обезвоженной нефти в печах. В результате массовое содержание воды в нефти снижается на объектах подготовки нефти с 1,5-25 до 0,15-0,3 %. Это означает, что если руководствоваться ГОСТ Р 51858-2002 «Общие технические условия», то глубоко обезвоженная нефть должна соответствовать товарной нефти первой группы качества. Однако содержание в ней хлористых солей достигает более 1000 мг/дм³ в то время как в нефти первой группы качества предусмотрено не более 100 мг/дм³ [1].

Первичное обезвоживание и обессоливание нефти происходит на установке предварительного сброса воды (УПСВ). Установка предварительного сброса воды на месторождении – комплекс сооружений первой очереди строительства для сбора, подготовки нефти, поступающей от нефтяных скважин, транспорта подготовленной до товарных кондиций нефти в магистральный нефтепровод, а также отделения попутного нефтяного газа и подготовки пластовой воды для использования ее в системе поддержания пластового давления.

Технологическая схема по стандарту ОАО «НК «Роснефть» (рис. 1) представляет собой классическую схему УПСВ в герметизированном варианте, широко используемую на месторождениях Западной Сибири. Особенностью данной технологии является предварительная сепарация поступающей на УПСВ продукции скважин в отдельных аппаратах с последующим нагревом всей жидкости до необходимой температуры и разделением ее в трехфазных сепараторах.

Динамика смешения капель пластовой и пресной вод характеризуется следующими особенностями:

1. Часть капель пластовой воды, лишенных бронирующих оболочек, сливается с каплями промывочной воды.

2. Часть пластовой воды (глобулы) с бронирующими оболочками практически не участвует в процессе обессоливания, и при небольших размерах глобулы остаются в нефти во взвешенном состоянии независимо от количества применяемой пресной воды.

3. В водонефтяной эмульсии (ВНЭ) кроме глобул пластовой воды содержатся зародышевые кристаллы солей микрометровых размеров, которые, смачиваясь нефтью, так же, как и глобулы, покрываются сверхпрочными бронирующими оболочками и практически не поддаются вымыванию пресной водой при традиционно принятых способах обессоливания. Особенно процесс очистки нефти от солей усложняется из-за нагрева ВНЭ, что только способствует укреплению оболочек кристаллов солей.

Следовательно, при обессоливании нефти возникает проблема очистки ее от кристаллов солей [2].

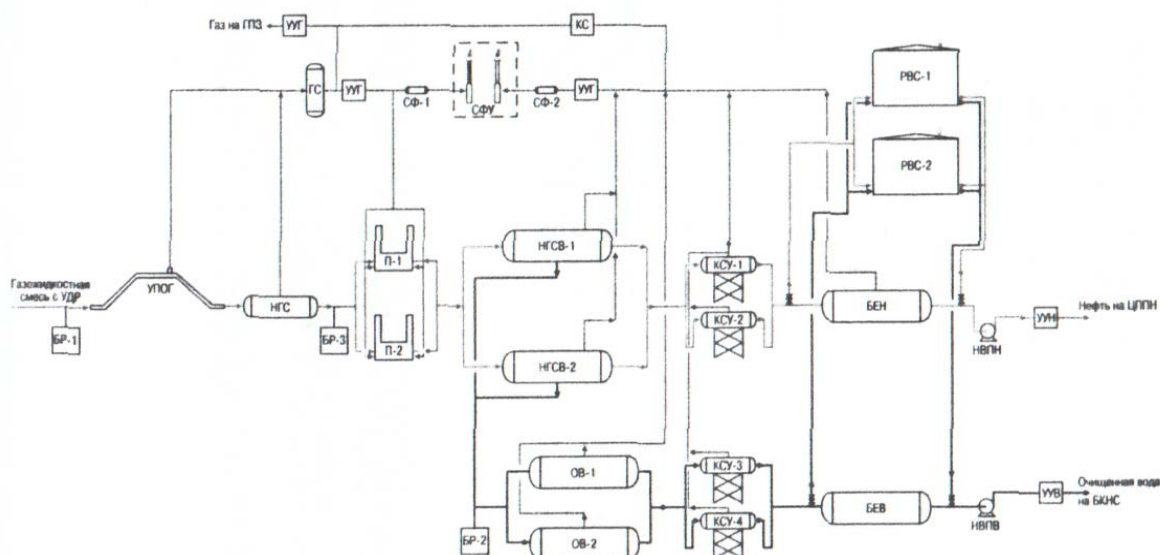


Рис. 1. Технологическая схема УПСВ по стандарту ОАО НК «Роснефть»:

БР-1, БР-2, БР-3 – блок дозирования соответственно деэмульгатора, ингибитора коррозии, ингибитора солеотложения; УПОГ – установка предварительного отбора газа; НГС – нефтегазовый сепаратор; П-1,2 – печи нагрева нефти; НГСВ-1,2 – нефтегазовый сепаратор со сбросом воды; КСУ-1,2,3,4 – концевая сепарационная установка по нефти; БЕН – буферная емкость нефти, БЕВ – буферная емкость воды; РВС-1,2 – резервуары, НВПН, НВЛВ – насосная внешней перекачки соответственно нефти и воды; ГС – газовый сепаратор; УУГ, УУН, УУВ – узел учета соответственно газа, нефти и воды; КС – компрессорная станция газов низкого давления; ФС-1,2 – факельный сепаратор; СФУ – совмещенная факельная установка

Данный процесс достаточно сложный и на практике осуществляется только переводом кристаллов из объема нефти в объем пресной воды. Для этой цели нефть после глубокого обезвоживания промывается пресной водой при среднем объемном соотношении вода-нефть, равном 1:10. Заро-

дышевые кристаллы сначала освобождаются от бронирующих углеводородных оболочек, затем растворяются в пресной воде с образованием слабонасыщенного раствора, который отделяется от нефти, как правило, в электродегидрататорах методом отстаивания. Вторым этапом процесса обессоливания нефти является вскрытие кристаллов солей, ввод их в объем пластовой воды и растворение с последующим обезвоживанием, например, методом отстаивания [1].

Вышеописанная методика обессоливания довольно трудоемкая и занимает большое количество времени. По нашему мнению, наиболее перспективным способом глубокого обессоливания является способ перемешивания жидких фаз под действием кинетической энергии движущегося потока пресной воды, направленного по течению флюида в технологическом сужении трубопровода, охватывающего все движущиеся в трубопроводе слои ВНЭ. Перемешивание создает интенсивную турбулизацию жидкости, омывающей освобожденные от бронирующих оболочек кристаллы солей, что создает благоприятные условия для выхода солей из нефти в обезвоживающих и обессоливающих установках. Использование пресной воды в расчете 8-10 % от общего количества водонефтяной эмульсии позволит снизить содержание хлористых солей примерно в 10 раз, т.е. повысить качество товарной нефти.

В данной статье предлагается специальное техническое средство для осуществления опреснения водонефтяной эмульсии в трубопроводе.

Блок опреснения (рис. 2) представляет собой перфорированную трубку 5, спущенную в технологическое сужение 3.

Трубка крепится к сужению при помощи приваренной шайбы 4 с фланцевым соединением. Пресная вода подается от водозаборных скважин к резервуару с пресной водой, который находится на УПСВ. Гидромониторные насадки в трубке выполнены таким образом, чтобы струи пресной воды могли охватить максимальное количество слоев жидкости в трубопроводе. Это позволит объединить в себе одновременно два процесса: подачу жидкости в трубопровод и смешивание водонефтяной эмульсии с пресной водой. Технологическое сужение позволяет увеличить скорость потока и вместе с этим перевести ток жидкости из ламинарного режима течения в турбулентный. Благодаря этому пресная вода будет эффективнее растворяться в ВНЭ. Это увеличит полезное разрушающее воздействие на кристаллы солей в нефти и их последующий переход в состав воды.

Диаметр сужения трубопровода вычисляется из уравнения расхода:

$$D_r = 1,34 \sqrt{\frac{L}{\omega_{кр}}},$$

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ СОРБЕНТОВ С ДРЕВЕСНЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Д.И. Марьянчик

**Научные руководители С.И. Васильев, В.М. Мелкозеров,
О.П. Калякина**

Сибирский федеральный университет

Потери нефти и нефтепродуктов только в России за счет аварийных ситуаций составляют около 5 млн т ежегодно.

На сегодняшний день в мире производится огромное количество различных сорбентов для ликвидации разливов нефти, которые подразделяются на неорганические, органические природные и органоминеральные, а также синтетические и композиционные материалы на их основе.

Наиболее популярными и доступными нефтяными сорбентами являются синтетические сорбенты. Чаще всего их используют в странах с высокоразвитой нефтехимической промышленностью, таких как США, Япония и страны ЕЭС. Обычно их изготавливают из полипропиленовых волокон, которые затем формируют в маты, боны и различные нетканые рулонные материалы различной толщины.

Благодаря своей пористой структуре и абсолютной плавучести, пенопласты используются в качестве бонов, матов и других плавающих конструкций в местах аварийного разлива нефти на поверхности водных акваторий. Однако главным недостатком пенопластов из пенополистирола и пенополиуретана считается их пожароопасность и их высокая стоимость. Пенополистиролы и пенополиуретаны при пожаре способствуют распространению пламени и разрушению конструкции, что ограничивает область их применения и требует принятия специальных технических решений, обеспечивающих пожаробезопасность.

Отсутствием способности к развитию стабильного процесса горения обладают пенопласты на основе карбамидоформальдегидной смолы. Однако при всех положительных характеристиках карбамидные пенопласты уступают пенополистиролам и пенополиуретанам из-за свойственных им низкой механической прочности, хрупкости, значительной усадочной деформации при отверждении и сушке. Одним из путей усиления карбамидных пенопластов, т.е. улучшения механических и других функциональных свойств, является применение принципов физической модификации за счет введения наполнителя в виде опилок осины, окорки осины, коры хвойных деревьев. Для

наполнения пенопластов можно использовать те же наполнители, что и для монолитных пластмасс, но выбор наполнителя определяется физико-механическими особенностями образования полимерных пен, их морфологией и назначением. Главной сложностью при введении традиционных наполнителей в воздушно-механическую карбамидную пену служит резкое снижение кратности механического вспенивания и, как следствие, ухудшение ячеистой структуры пенопласта, что требует разработки эффективных методов наполнения и поиска эффективных наполнителей.

Анализ литературных данных показывает, что в зависимости от природы и свойств наполнителя, размера его частиц и содержания наполнителя в матрице поропласта возможно получать материалы с высокой поглощательной способностью в отношении нефти и нефтепродуктов с сохранением хороших эксплуатационных характеристик.

Перспективными материалами для наполнения карбамидных поропластов являются различные отходы растительного происхождения. Анализ характеристик сырьевой базы растительных отходов России показывает, что наибольший интерес для создания композиционных сорбционных материалов представляют отходы деревопереработки благодаря своей доступности и дешевизне. Известны композиционные материалы, где в качестве наполнителя используют отходы гидролизного производства. Введение в матрицу поропласта гидролизного лигнина до 90 мас.ч на 100 мас.ч смолы позволяет получать композиционный материал с высокими прочностными и теплоизоляционными свойствами. При этом введение антипиренов дает возможность снизить горючесть таких композиционных материалов. В зависимости от количества введенного лигнина такие материалы демонстрируют приемлемые сорбционные свойства по нефтепродуктам.

Для получения полимерной матрицы композитов использовали рецептуру сорбента марки «Униполимер – М» по ТУ 2223 – 004 – 00139152 – 2001. Вовлечение такого сырья в производство композиционных сорбентов позволяет сократить долю древесных отходов, вывозимых в отвалы. За счет использования таких наполнителей уменьшается доля синтетического материала в композите, что снижает экологическую техногенную нагрузку при утилизации отработанных сорбентов. Одновременно достигается снижение себестоимости композиционных сорбентов, что увеличивает их конкурентоспособность на рынке сорбционных материалов и изделий. Следует отметить, что наряду с решением экологических задач решается важная технологическая задача по созданию новых сорбционных материалов для сбора нефти и нефтепродуктов.

В реакционную емкость загружали все компоненты рецептуры (кроме ортофосфорной кислоты), перемешивали и на стадии быстрого начального пенообразования вносили наполнители. Перемешивание осуществляли механическим способом со скоростью 2500 об/мин и одновременным барботированием воздуха в течение 3 – 5 мин. Отдельное внимание привлекает разложение газо-

образного формальдегида НСОН на муравьиную кислоту НСООН и воду, что способствует быстрому окислению формальдегида и снижению в готовом сорбенте до 0,08 ПДК посредством насыщения озоном в течение 8-10 мин в процессе механического перемешивания. Затем приготовленную композицию подавали в реактор первой ступени пеногенерирующей установки ПГУ-М, где воздушно-механическим способом композицию вспенивали до кратности 25 – 40 об. ед. Далее вспененную композицию подавали в реактор второй ступени, оснащенный форсункой для ввода катализатора отверждения (10 %-я ортофосфорная кислота). Затем композицию пневмотранспортом подавали в заливочные формы и выдерживали 40 ± 5 мин в стандартных условиях.

В качестве древесных наполнителей использовали бересту, опилки, окорку, кору осины и кору сосны с размером частиц 0,25 – 1,0 мм. Окорка осины представляет собой смесь опилок и коры в соотношении 1:1. Так же использовали эти древесные наполнители, предварительно активированные методом взрывного автогидролиза (ВАГ) на установке при следующих условиях: температура 200 °С, давление 4 МПа, время выдержки 60 с. Сущность метода ВАГ заключается в следующем. Измельченные древесные материалы в реакторе пропитываются водяным паром при заданной температуре, давлении и времени выдержки. Затем производится резкий (менее 1 с) сброс давления. При этом пар вырывается из частиц и разрушает их структуру.

Размер частиц активированных древесных наполнителей составляет 0,25 – 1,00 мм. Количество вводимых в поропласт наполнителей варьировало от 10 до 70 мас. %.

Для оценки свойств композитов определяли нефтеемкость ($Q_{\text{н}}$, г/г) по сырой нефти Тюменского месторождения (плотность 0,85 г/см³) и маслоемкость ($Q_{\text{м}}$, г/г) по моторному маслу ($\rho=0,89$ г/см³) при 20 ± 2 °С согласно методикам ТУ 214 – 10942238 – 03 – 95. Прочность при сжатии композиционных материалов определяли по общепринятым методикам для теплоизоляционных материалов. Образцом сравнения во всех экспериментах служил сорбент «Униполимер-М».

Увеличение количества древесных наполнителей приводит к значительному росту прочности композиционных сорбентов в сравнении с «Униполимером-М» (таблица), что очень важно для надежной и безопасной эксплуатации подобных материалов, и значительно расширяет возможность получения новой линейки сорбционных изделий, входящих в состав набора аварийного реагирования.

Предварительная активация древесных наполнителей методом взрывного автогидролиза ВАГ имеет ряд особенностей: технология позволяет повысить нефтеемкость от 2 до 6 %; наличие в сорбенте карбамидоформальдегидной смолы обеспечивает пожаробезопасность; увеличение механической прочности позволило получение новой линейки изделий, таких как маты, боны, коврики; сниженное количество свободного формальдегида повышает экологическую безопасность сорбента.

Таблица. Свойства карбамидных сорбентов в зависимости от природы и количества древесных наполнителей

Материал для наполнения сорбентов	Количество наполнителя, масс. %	Свойства карбамидных сорбентов			
		Наполнитель исходный		Наполнитель после ВАГ	
		Q _н , г/г Нефте-емкость	σ _{пр} , МПа Прочность при сжатии	Q _н , г/г Нефте-емкость	σ _{пр} , МПа Прочность при сжатии
Опилки осины	10	52,1	0,22	54,4	0,27
	30	40,1	0,39	43,4	0,45
	50	28,2	0,63	32,3	0,82
	70	16,3	1,76	21,3	1,82
Кора сосны	30	40,4	0,39	39,6	0,51
	50	28,2	0,65	31,4	0,82
	70	16,8	1,79	20,9	1,83
Кора сосны	10	52,1	0,20	53,8	0,26
	30	40,4	0,39	39,6	0,51
	50	28,2	0,65	31,4	0,82
	70	16,8	1,79	20,9	1,83
Береста березы	10	52,1	0,20	54,7	0,28
	30	40,4	0,40	44,2	0,47
	50	28,7	0,67	33,6	0,58
	70	16,9	1,81	23,1	0,72
Экстракты хвойных деревьев	10	52,0	0,23	54,5	0,33
	30	40,2	0,42	45,3	0,51
	50	28,1	0,73	36,7	0,85
«Униполи мер-М»	-	60,0	0,19	53,7	1,93

УДК 54-414

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗЕМЛЕУСТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА РАННИХ СТАДИЯХ ПОДГОТОВКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

А.С. Ортман
Научный руководитель С.И. Васильев
Сибирский федеральный университет

Открытие и освоение месторождений полезных ископаемых на территории Восточно-Сибирского региона связано с выполнением большого объема строительных работ, которые в основном ведутся в зонах расположения сезонно-мерзлых и вечноммерзлых грунтов. Эффективная эксплуата-

ции землеройных машин невозможна без детального изучения физико-механических свойств сезонно-мерзлых однородных грунтов и грунтов с каменистыми включениями с учетом зоны распространения сезонного промерзания и температурных профилей промерзания грунтов. В большой степени это объясняется своеобразием грунтовых условий, сложными пространственно-климатическими условиями, характеризующимися широким распространением мерзлых грунтов и грунтов с каменистыми включениями, недостаточной изученностью характеристик грунта, процесса резания, а также параметров, влияющих на производительность.

Эффективное применение и создание современных землеройных машин непрерывного действия невозможно без учета как физико-механических свойств грунта, так и характеристик процесса резания и параметров рабочего органа.

Одним из направлений повышения эффективности землеройно-транспортных машин в зимних условиях эксплуатации является подготовка грунта к зимним условиям – рыхление мерзлого грунта механическими или буровзрывными способами, уменьшение прочности смерзания грунта методом вспашки грунта до его смерзания, оттаивание мерзлого грунта и предохранение грунта от промерзания, заключающееся в предохранении грунта от промерзания теплоизоляционными материалами. Механическое рыхление грунта в осенний период нарушает установившиеся связи между частицами грунта, уменьшает число контактов между ними. Это ведет к уменьшению силы сцепления между частицами грунта при промерзании и, соответственно, к уменьшению прочности мерзлого грунта. Основным недостатком способа рыхления является то, что разрыхленный грунт после дождя уплотняется и смерзается так же прочно, как и в естественных условиях; при этом, по данным ООО «Мехдорстрой» г. Якутска, ОАО «Домостроительный комбинат» г. Красноярска, средняя выработка экскаваторов при разработке разрыхленного мерзлого грунта снижается на 30-35 % по сравнению с летней, а затраты труда увеличиваются почти в 1,5 раза. Из всех способов подготовки грунта к зимней разработке оттаивание является самым дорогим, энерго- и трудоемким. Поэтому оно находит весьма ограниченное применение.

Анализ каждого из способов предохранения грунта от промерзания показывает, что они не равнозначны по своей эффективности. Так, например, покрытие грунта снегом и пенольдом производится поздней осенью при отрицательной температуре воздуха, поэтому уменьшается только глубина промерзания. Покрытие снегом и пенольдом не дает должного эффекта в районах, где в зимнее время бывает переход температуры воздуха через 0 °С. Кроме того, снег со временем оседает и уплотняется. В результате этого ухудшаются его теплоизоляционные свойства: коэффициент теплопроизводительности у свежеснега равен 0,09 ккал/м. ч град, у

осевшего – 0,30 ккал/м. ч град, у подтаявшего – 0,55 ккал/м. ч град. Малая механическая прочность, особенно под действием ветра и дождя, и легкая испаряемость, усиливающаяся под действием солнечной радиации, значительно сужают область применения пенольда.

Ледовоздушная подушка также не полностью предохраняет грунт от промерзания, особенно во второй половине зимы. Другим недостатком ее считается ограниченная область применения, связанная с фильтрационными свойствами грунта. Необходимым условием применения этого способа служит малая водопроницаемость грунта.

Указанные выше недостатки предохранения грунта от промерзания снегом, пенольдом и ледовоздушной подушкой исключаются при утеплении грунта теплоизоляционными материалами. Этот способ утепления является простым по технологии и относительно дешевым средством подготовки грунта к зимней разработке. Преимущество его заключается в следующем:

- покрытие грунта теплоизолятором производится до наступления морозов, что позволяет сохранить запасы тепла, накопленного в течение теплого периода года;

- предохраняемый от промерзания грунт значительное время может остаться талым;

- возможно прогнозирование температуры грунта на любой глубине для каждого из расчетных зимних месяцев разработки.

При применении в качестве утеплителя вспененных полимерных материалов повышается эффективность предохранения грунта от сезонного промерзания, значительно снижаются затраты на утепление грунта. Это связано с тем, что вспененные полимерные материалы обладают лучшими теплоизоляционными свойствами, чем традиционные. Теплоизоляционные свойства вспененных полимерных материалов в зимний период практически не меняются, а традиционные утеплители в течение зимы значительно уплотняются, уменьшая этим термическое сопротивление теплоизоляционного слоя и снижая эффект утепления грунта.

Значения фактических градусо-часов отрицательных температур каждого месяца позволяют определить величины градусо-суток и по графику рис. 1 термическое сопротивление мерзлого грунта.

Термическое сопротивление снега определяется по формуле

$$R_c = h_c / L_c,$$

где h_c – высота снежного покрова, м; L_c – коэффициент теплопроводности снега, ккал/час·град.

Коэффициент теплопроводности L_c снежного покрова является величиной непостоянной и зависит от плотности покрова ρ_c и от его температуры (рис. 2).

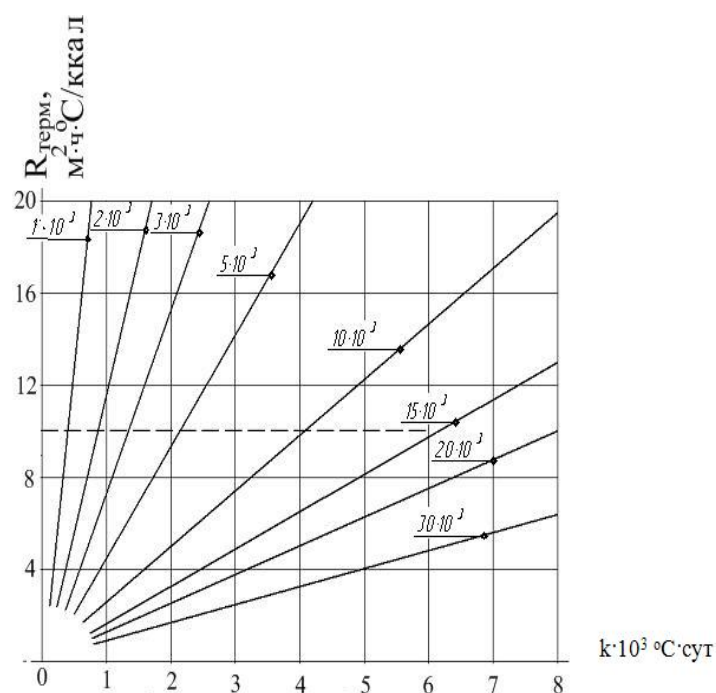


Рис. 1. Зависимость термического сопротивления грунта от индекса промерзания и допустимых тепловых потерь

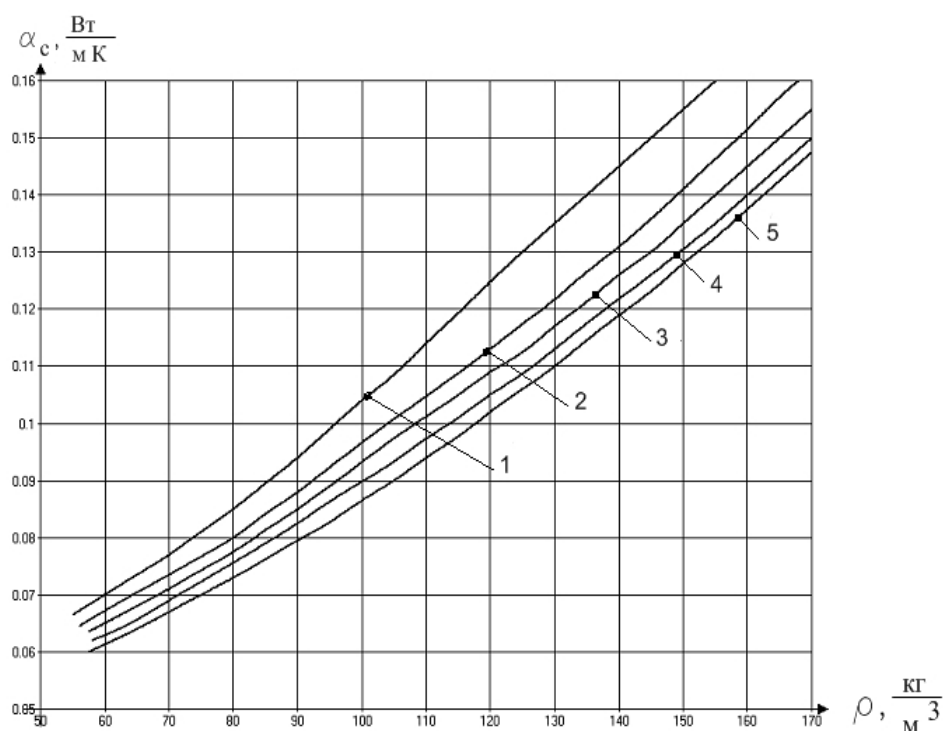


Рис. 2. Зависимость коэффициента теплопроводности снега от плотности при различных отрицательных температурах 1 – от 0 до минус 10 °С; 2 – от минус 10 до минус 20 °С; 3 – от минус 20 до минус 30; 4 – от минус 30 до минус 40 °С; 5 от минус 40 до минус 50 °С

Тепловые потери с каждого 1 м³ грунта под покрытием пены-утеплителя определяются по формуле

$$Q = H \cdot (G \cdot L + 0,5 t_m \cdot C), \text{ ккал/м}^2,$$

где H – допустимая глубина сезонного промерзания грунта, м; G – содержания льда в мерзлом грунте, кг/м³; L – удельная теплота плавления льда, ккал/кг; t_m – температура мерзлого грунта, °C; C – объемная теплоемкость мерзлого грунта, ккал/м³ · °C.



Рис. 3. Распределение температуры суглинка по глубине залегания для зимних месяцев года XI – ноябрь, XII – декабрь, I – январь, II – февраль в условиях естественного залегания грунта, утепленного карбамидным пенопластом

Математический анализ экспериментальных данных проведен с применением программы Advanced Grapher, с помощью которой по табличным экспериментальным данным произведена математическая обработка натурного эксперимента.

Для каждой функции распределения температур утепленного суглинка, характерных для зимних месяцев северной зоны Красноярского края (рис. 3), надежно описан полином второй степени (табл. 1).

Графики функции температуры утепленного грунта по глубине его залегания для зимних месяцев года позволяют оценить коэффициент их прочности, повысить эффективность разработки сезонно-мерзлых грунтов.

Натурные исследования процесса сезонного промерзания грунтов выявили одинаковый характер зависимости глубины промерзания и температуры всего разнообразия грунтов под слоем карбамидного пенопласта

исследуемого региона, независимо от их гранулометрического состава с учетом краевого эффекта (рис. 4), что позволяет определить дополнительную ширину утепляемого участка.

Таблица 1. Распределения температур по глубине утепленного суглинка

Расчетный месяц	Распределение отрицательных температур (<i>t</i>) по глубине залегания (<i>H</i>) утепленного суглинка	Коэффициент корреляции
Ноябрь	$t = -0,1013729H^2 - 0,5575497H - 0,4741855$	0,98
Декабрь	$t = -0,0360997H^2 - 0,5072688H - 1,6369544$	0,94
Январь	$t = -0,0239553H^2 - 0,4517715H - 2,1028933$	0,98
Февраль	$t = -0,0250972H^2 - 0,4950154H - 2,4443109$	0,96

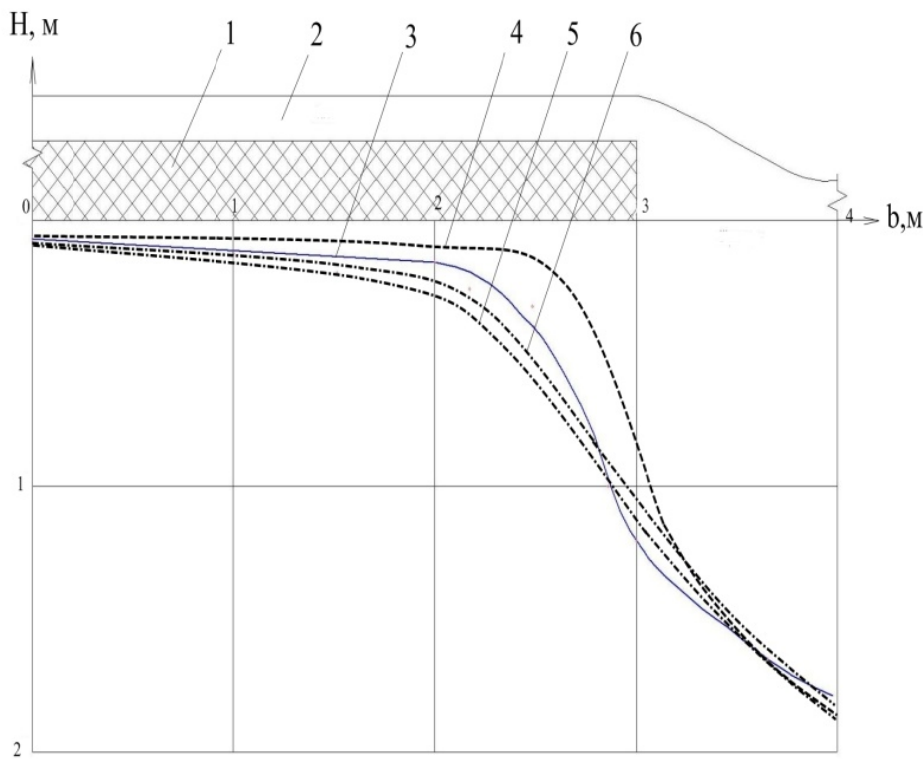


Рис. 4. Изменение глубины сезонного промерзания грунта под теплоизоляционным слоем карбамидного пенопласта с учетом бокового эффекта: 3 – суглинок; 4 – глина; 5 – песок; 6 – супесь

Отличительной характеристикой изменения температуры утепленных грунтов под слоем карбамидного пенопласта является глубина залегания разрабатываемого слоя (рис. 5).

Выбор технологии предохранения грунта от промерзания с использованием теплоизоляционных материалов имеет важное значение для строительных организаций в условиях Сибири, где продолжительное время наблюдается глубокое промерзание грунта. Вследствие этого широко

применяемые ныне землеройные машины не в состоянии разработать грунт зимой без предварительной подготовки, так как толщина слоя мерзлого грунта превышает допустимую величину разработки, определяемую технической характеристикой землеройно-транспортных машин. Последняя зависит от типа, влажности, плотности и температуры грунта, а также от вида и мощности землеройного оборудования. Экскаватор с прямой лопатой емкостью ковша $0,5 \div 0,8 \text{ м}^3$ может разработать слой сезонно-мерзлого однородного грунта толщиной до $0,25 \text{ м}$, драглайн с ковшом такой же емкости до $0,10 \text{ м}$, экскаватор с прямой лопатой емкостью 1 м^3 до $0,4 \text{ м}$, а с ковшом емкостью $3-4 \text{ м}^3$ до $0,5-0,6 \text{ м}$. При разработке грунта скреперами толщина мерзлого слоя не должна превышать $0,05 \text{ м}$, бульдозерами – $0,15 \text{ м}$.

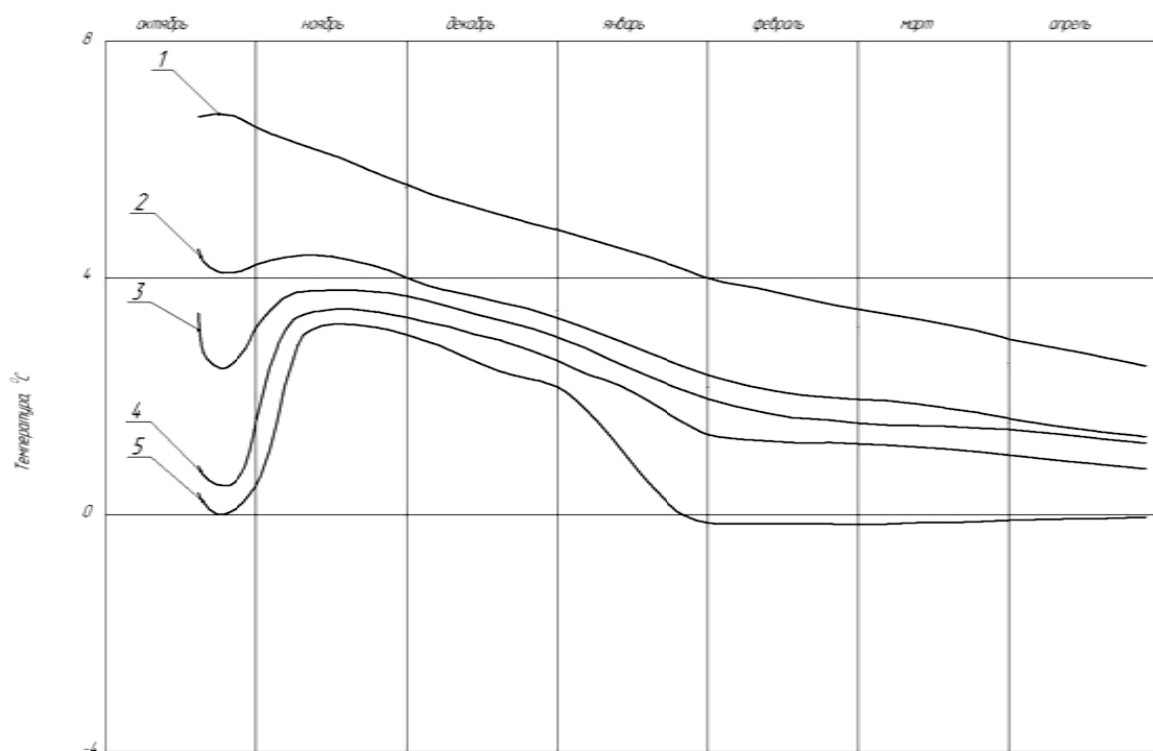


Рис. 5. Изменение температуры грунта от времени промерзания в середине утепленной полосы на различных глубинах:
1 – 2 м, 2 – 1 м, 3 – 0,5 м, 4 – 0,2 м, 5 – под теплоизоляцией

Таким образом, нанесение карбамидного пенопласта расчетной толщиной в осенний подготовительный период на участок, расположенный в Восточно – Сибирском регионе, планируемый к разработке землеройными машинами, в зимний период года надежно предохраняет от сезонного промерзания на глубину не более допустимой технологической глубины промерзания.

ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА РИСКА И РАЗРАБОТКИ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

А.С. Охроменко, Д.С. Серебrenников
Научный руководитель С.П. Амелъчугов
Сибирский федеральный университет

Объекты добычи, переработки и хранения нефтепродуктов обладают высокой пожарной опасностью. Это обуславливается наличием больших количеств пожароопасных веществ, обращающихся в технологических процессах, – на территории парков сосредотачивается от 10 до 500 тыс. тонн углеводородного топлива, также различных источников зажигания (атмосферное электричество, искры от электрооборудования, открытый огонь, курение). Все обращающиеся в технологических процессах нефтепродукты классифицируются как горючие и легковоспламеняющиеся жидкости, многие из которых относятся к особо опасным.

Наиболее опасными пожарами остаются пожары, происходящие в резервуарах, которые входят в технологические схемы предприятий, связанных с добычей, транспортировкой, переработкой и хранением углеводородных продуктов, в первую очередь это относится к принципу «домино».

Пожары на объектах нефтегазового комплекса характеризуются причинением значительного экологического ущерба, связанного с попаданием в окружающую среду большого количества токсичных продуктов горения, огнетушащих средств, с мощным тепловым излучением. При горении нефть и нефтепродукты образуют углекислый газ, окись углерода, сернистый газ, азот, полиароматические углеводороды, альдегиды, сажу и другие соединения. Их содержание в продуктах горения тем выше, чем выше плотность нефтепродукта.

Взрывы в резервуарах – типичное начало возникновения пожара в резервуаре. Любой пожар возникает от появления источника зажигания в подготовленной паровоздушной смеси внутри или снаружи резервуара. В этом случае происходит взрыв горючей смеси, что может приводить к полному или частичному разрушению резервуаров, запорной арматуры, и другого технологического оборудования.

Для того чтобы резервуар полностью не разрушался при взрыве, во внутреннем пространстве резервуара предусмотрен «слабый» шов, соединяющий стенки резервуара и его крышу; он должен разрушаться первым и

давать выход продуктам горения для сброса избыточного давления, возникающего при взрыве. Случаи полного сброса крыши не редки при возникновении пожаров в резервуарах, при этом ее обычно отбрасывает на 30 – 50 м от резервуара, стенки резервуара остаются в нормальном положении, свободный доступ к поверхности горения не создает помех для тушения резервуара. Однако зачастую такая защита не срабатывает в полной мере, что может приводить к осложнению обстановки на пожаре. Не редки случаи, когда крышу не разрушает полностью, а отрывает с части периметра резервуара с последующим обрушением крыши внутрь горящего резервуара. Это приводит к образованию «карманов» (происходит в 60 % случаев пожаров), что в значительной степени затрудняет ликвидацию пожара в резервуаре.

Характерным аспектом является возможность разрушения резервуара. Статистические данные о более чем 50 случаях полного разрушения резервуаров при хранении различных видов нефтепродуктов свидетельствуют о том, что это, возможно, наиболее катастрофический вариант развития пожара. При полной разгерметизации резервуара может происходить следующее: разлив продукта в пределах обвалования, возникновение гидродинамической волны с последующим разрушением соседних резервуаров или разлив продуктов на большой площади, образование загазованности на большой площади, возможно с выходом взрывоопасной зоны за пределы резервуарного парка, выход гидродинамической волны за пределы резервуарного парка.

На сегодняшний день как в России, так и за рубежом существует достаточное количество методик, руководств и стандартов по оценке пожарного риска. В гораздо меньшем количестве присутствуют руководства и методики по разработке противопожарных мероприятий на объектах повышенной опасности, к которым относятся объекты нефтегазовой отрасли.

Так, американское пособие «Tank Farm and Bulk Storage Fire Incidents (Module 7)» позволяет разработать планы по борьбе с пожарами на нефтебазах, рассчитать количество необходимых веществ для защиты объекта от повторной взрыва или повторного возгорания.

Национальной ассоциацией по противопожарной защите (NFPA, США) был разработан целый ряд руководств, регламентирующих любой аспект противопожарной деятельности как для общественных зданий и сооружений (NFPA 551 – Guide For the Evaluation of Fire Risk Assessments; NFPA 101 – Life Safety Code), так и для производственных (NFPA 69 – Standard on Explosion Prevention System; NFPA 395 – Farm Tanks).

Также стоит упомянуть зарубежные руководства, посвященные количественной оценке риска и основанные на принципах «гибкого» нормирования: CPR 18E. Guidelines for quantitative risk assessment (Руководство по количественной оценке риска), CPR 12E. Methods for determining and

processing probabilities (Методы определения и обработки вероятностных величин) и CPB 14E. Methods for the calculation of physical effects (Методы расчета физических эффектов).

В России на сегодняшний день существует несколько руководств и методик по качественной и количественной оценке риска, а также по методам профилактики и борьбы с пожарами на производственных объектах. В первую очередь, это Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах, утвержденная МЧС России. В данной методике достаточно подробно представлены методы оценки опасных факторов, процедура построения логического дерева событий и аналитические соотношения, позволяющие рассчитать параметры волны давления и интенсивность теплового излучения.

Следует отметить тот факт, что зарубежные руководства опираются на методологию «гибкого» нормирования, которая предусматривает использование новейших методов вычислительного моделирования. В современных условиях разработка экономически оптимальных и эффективных противопожарных мероприятий немыслима без научно обоснованного прогноза динамики опасных факторов пожара и взрыва, особенно для промышленных комплексов. Уже давно разрабатывают и совершенствуют программы (σFire, FDS, Flunet, CFX, Smartfire, KAMELEON FireEx), позволяющие достаточно точно задать исходные данные и корректно рассчитать физические явления с учетом внешних условий (погода, температура, скорость ветра). Такие сложные явления, как пожар и взрыв, невозможно правильно рассчитать, основываясь на методах оценки опасных факторов, которые не учитывают многие внешние факторы и аналитические соотношения.

На данный момент Россия только подходит к методологии «гибкого» нормирования. Больше внимания стало уделяться методам математического моделирования, основанным на решении полевых уравнений (уравнений Навье-Стокса). Происходит интенсивное внедрение полевого метода для моделирования пожаров и взрывов в области инженерных расчетов. В ближайшем будущем именно полевые методы станут основным инструментом расчетов пожаров и взрывов, это связано как с ростом вычислительных мощностей, так и развитием математических моделей, описывающих процессы, происходящие при пожаре и взрыве, и алгоритмов их решения. Использование такого мощного инструмента, как математическое моделирование, позволит адекватно проводить оценку риска для промышленных объектов и разработать соответствующие тактические приемы по ликвидации чрезвычайной ситуации.

С помощью программного продукта FLACS нами проведено расчетное исследование параметров волны давления при взрыве резервуара с нефтяными продуктами. Для решения такой задачи было использовано

специальное программное обеспечение для расчета избыточного давления и динамики взрыва, разработанное норвежским институтом SMR. Данное программное обеспечение широко используется для оценки риска и разработки превентивных мер по обеспечению пожарной безопасности предприятий нефтегазовой отрасли за рубежом.

Анализ поведения взрывной волны начинается с рассмотрения основных законов гидродинамики и теплопереноса. Это законы сохранения массы, момента и энергии. Далее идут уравнения и предположения, описывающие процессы, характерные для взрыва, такие как импульс давления, химическое реагирование, скорость распространения волны и прочие.

В качестве объекта исследования был выбран резервуар RBC-20000. Модель строилась с учетом соседних резервуаров и обвалования (рис. 1).

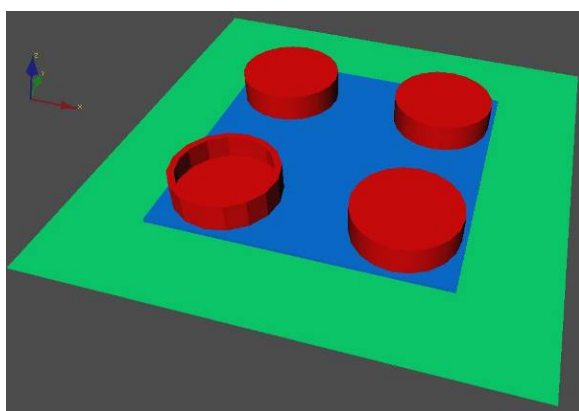


Рис. 1. Геометрия объекта

Рассматривался сценарий взрыва резервуара с перегретой нефтью. В результате избыточного давления и высокой температуры внутри резервуара происходит отрыв крышки с освобождением смеси углеводородов. После разрушения крышки резервуара образуется газозвушное облако, которое при наличии источника зажигания инициирует волну давления.

Независимо от вычислительного моделирования процесса взрыва был произведен расчет по аналитическим соотношениям из Методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах. Рассматривалась абсолютно аналогичная ситуация с идентичными исходными данными.

Результаты расчетов были сведены в таблицу и сравнивались по величине избыточного давления с результатами расчета в программе.

На основании проведенных расчетов можно выдвинуть предположение о том, что на ближних расстояниях динамика волны, посчитанная по аналитическим соотношениям, сопоставима с динамикой, посчитанной в программе. На дальних расстояниях появляются существенные отличия, это достаточно важный аспект для оценки риска. Вероятнее всего, аналитические соотношения не учитывают некоторые нестационарные явления

(например, затухание волны давления) и влияние внешних условий (например, наличие преград, конструкций, ветер).

Таблица

	Расчет в программе	Расчет по Методике
<i>Величина избыточного давления</i>	<i>Радиус распространения волны, м</i>	
28 кПа (средние повреждения зданий)	110	103,2
12 кПа (умеренные повреждения зданий, повреждение внутренних перегородок, рам, дверей и т.п.)	177	183
5 кПа (нижний порог повреждения человека волной давления)	300	367
3 кПа (малые повреждения, разбита часть остекления)	412	572

На основании анализа и результатов проведенного расчетного исследования можно сделать следующий вывод: программный продукт FLACS позволяет на ранней стадии проектирования объектов нефтегазового комплекса предусмотреть снижение затрат на строительство зданий, сооружений и конструкций, не попадающих в зону поражения волной давления, а также определить уязвимые участки.

ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

УДК 735.29.(32)

КОМПЛЕКСНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ПОДСТАНЦИИ 220 кВ «ЛЕВОБЕРЕЖНАЯ»

Ш.Н. Галиуллин
Научный руководитель В.А. Тремясов
Сибирский федеральный университет

В данном докладе рассмотрен вопрос реконструкции подстанции 220 кВ «Левобережная» ФСК КПМЭС. Подстанция 220/110/10/6 кВ Левобережная входит в состав Центрального энергорайона Красноярской энергосистемы и является одним из центров питания левобережной части города Красноярска, в частности от ЗРУ 10 кВ осуществляется питание важного потребителя – электрокотельная, а от ЗРУ 6 кВ питание городских потребителей. Кроме того, через данную подстанцию осуществляется транзит мощности от Красноярской ГЭС (КГЭС) в центральный распределительный пункт 220 кВ (ЦРП 220 кВ) КраЗа, поэтому подстанция должна соответствовать всем требованиям повышенной надежности.

Решение этого вопроса заключается в том, чтобы после реконструкции подстанция имела требуемую высокую надежность по передаче транзитной мощности, таким образом чтобы исключить недоотпуск электроэнергии от (КГЭС), а также обеспечивала требуемую надежность электроснабжения и качество электроэнергии городских потребителей с наилучшими технико-экономическими показателями.

Целью данной работы является установка нового оборудования, отвечающего требованиям изменившегося режима работы. А именно: увеличение трансформаторной мощности, установка распределительного устройства более современной серии, замена морально и физически устаревших воздушных, масляных выключателей на вакуумные, а также выбор новой аппаратуры релейной защиты и автоматики.

Данная реконструкция подстанции позволяет повысить надежность электроснабжения и качество электроэнергии у потребителей, а также снизить потери электроэнергии и как следствие затраты на эксплуатацию.

Состояние и перспективы реконструкции подстанции «Левобережная»

Существующее состояние подстанции

Подстанция 220/110/10/6 кВ Левобережная входит в состав Центрального энергорайона Красноярской энергосистемы и является одним из центров питания левобережной части города Красноярска.

Подстанция введена в эксплуатацию в 1959 году. Срок эксплуатации автотрансформаторов более 25 лет, трансформаторов 110 кВ – 52 года. В 2007 году была выполнена замена АТ-2.

К энергосистеме ПС Левобережная подключена заходом обеих цепей ВЛ 220 кВ Красноярская ГЭС – ЦРП 220 кВ КраЗа. На подстанции установлено два автотрансформатора 220/110/10 кВ мощностью 200 МВА каждый.

К шинам 220 кВ ПС Левобережная по двухцепной ВЛ 220 кВ подключена подстанция 220/110 кВ Октябрьская, которая наряду с ПС Левобережной является центром питания для распределительных электрических сетей 110 кВ западной части города. От шин 10 кВ этих подстанций осуществляется питание городских электрокотельных: Левобережная с установленной мощностью 190 МВт и Западная с установленной мощностью 224 МВт.

ОРУ 110 кВ подстанций Левобережная и Октябрьская связаны между собой двумя двухцепными ВЛ 110 кВ, к которым подключены подстанции 110 кВ Телевизорная, Северная, Академгородок и ПС Аэропорт. Первые три «ответвлениями», последняя – «врезкой» в одну цепь.

От шин 110 кВ ПС Левобережной отходит две двухцепные тупиковые ВЛ 110 кВ. К одной из ВЛ подключены подстанции 110 кВ Нагорная, Пролетарская и Полиграфкомбинат в центральной части города, от другой ВЛ питаются подстанции 110 кВ Радиотехническая, Ботаническая и Мясокомбинат в западной части города.

Кроме того, к шинам 110 кВ подключена двухцепная ВЛ 110 кВ тягового транзита Ачинск -Красноярск и двухцепная ВЛ 110 кВ, связывающая ПС Левобережная с ПС 220/110 кВ Центр.

Для питания городских потребителей на подстанции установлено два трехобмоточных трансформатора 110/35/6 кВ мощностью по 40,5 МВА. Обмотка 35 кВ трансформаторов не задействована. Нагрузка городских потребителей в максимум 2006 года составляла 23 МВА.

Существующая схема ПС Левобережной выглядит следующим образом:

ОРУ 220 кВ выполнено по схеме «две системы сборных шин с обходной».

К ОРУ присоединено два автотрансформатора 220/110/10 кВ (1АТ, 2АТ) и три двухцепные попарно параллельные ВЛ 220 кВ Красноярская

ГЭС – ПС Левобережная (Д – 3, Д – 4), ПС Левобережная – ПС ЦРП 220 кВ КраЗа (Д – 5, Д – 6) и ПС Левобережная – ПС Октябрьская (Д – 7, Д – 8).

Общее количество присоединений – 8 штук.

ОРУ 110 кВ выполнено по схеме «две системы сборных шин с обходной».

К ОРУ присоединены обмотки СП автотрансформаторов 220/110/10 кВ (1АТ, 2АТ), два трехобмоточных трансформатора 110/35/6 кВ (1Т, 2Т) для питания городских потребителей и шесть двухцепных ВЛ 110 кВ, в том числе:

ПС Левобережная – Центр (С – 217, С – 218);

ПС Левобережная – ПС Нагорная – ПС Пролетарская – ПС Полиграфкомбинат (С -15, С-16);

ПС Левобережная – ПС Радиотехническая – ПС Ботаническая – ПС Мясокомбинат (С -231, С-232);

ПС Левобережная – ПС Октябрьская с ответвлениями на ПС Телевизорную и ПС Северную (С – 227, С – 228);

ПС Левобережная – ПС Октябрьская с заходом на ПС Аэропорт и ответвлением на ПС Академгородок (С – 230, С – 224);

ВЛ 110 кВ тягового транзита Ачинск -Красноярск (С – 21, С – 22).

Общее количество присоединений к ОРУ 110 кВ — 16.

В ЗРУ 10 кВ заведена обмотка НН автотрансформаторов 220/110/10 кВ (1АТ, 2 АТ) и подключена электродвигательная.

От ЗРУ 6 кВ отходят фидеры, питающие городских потребителей и заведены обмотки НН трансформаторов 110/35/6 кВ (1Т и 2Т).

Переток мощности через автотрансформаторы зимой 2007 года составлял 210 МВА, в летний период он снижается на 25 – 35 %.

Состояния основного силового оборудования ПС 220/110/10/6 кВ «Левобережной»

Автотрансформаторы. Диспетчерское наименование АТ-1, АТ-2. Тип АТДЦТН-200000/220/110/10. Дата ввода АТ1-1982., АТ2-2007г. Фактический срок службы АТ1 29 лет.

Трансформаторы 110 кВ. Диспетчерское наименование 1Т, 2Т. Тип ТДТНГ-40500/110/40/6. Дата ввода 1959 г. Фактический срок службы 52 года. Фактически срок службы значительно превышен. Трансформатор не соответствует потребностям подстанции.

Трансформаторы собственных нужд. Диспетчерское наименование ТСН-1, ТСН-2. Тип ТМ-560/6/0,4. Дата ввода 1973 г. Фактический срок службы 39 лет.

Фактически выработали свой срок службы.

Трансформаторы напряжения. Диспетчерское наименование ТН-220 1СШ, ТН-220 2СШ, ТН-220 ОСШ, ТН-110 1СШ, ТН-110 2СШ; НКФ-220, НКФ110.

Дата ввода 1962-1994 гг. Фактический срок службы 18-49 лет. Большинство трансформаторов напряжения фактически выработали свой срок службы. Кроме того, данное оборудование морально устарело. В настоящий момент рекомендуется установка устройств, значительное время не требующих ремонтов.

Трансформаторы тока. Диспетчерское наименование ТТ 220, ТТ 110. Тип ТФНД-220, ТВ-110. Дата ввода 1962-1976 гг. Фактический срок службы 35-49 лет. Фактически выработали свой срок службы. Кроме того, изоляционной средой в них является масло, что противоречит текущей политике ОАО «ФСК ЕЭС» в области противопожарной безопасности.

Выключатели ОРУ-220, 110 кВ масляные баковые и воздушные. Согласно положению о технической политике ОАО «ФСК ЕЭС» применять такие выключатели не рекомендуется. В настоящее время заводами прекращен выпуск таких выключателей и запасных частей к ним. С этим связаны трудности в ремонте выше указанного оборудования. За период эксплуатации у выключателей значительно изношена кинематическая и контактная часть. Кроме того, выключатели «У» содержат значительный объем масла, что делает их пожароопасными и взрывоопасными.

Выключатели ОРУ-220 кВ. В настоящий момент ОРУ-220 кВ выполнено по схеме «Две рабочие и обходная системы шин». Диспетчерское наименование ВВ Д-№, ШСВ-220, ОВ-220 В №АТ-220. Тип ВВБ-220, ВВН-220. Дата ввода 1971-1985 г.

Фактический срок службы 27-40 лет. Большинство выключателей фактически выработали свой срок службы. Кроме того, они морально устарели.

Выключатели ОРУ-110 кВ. В настоящий момент ОРУ-110 кВ выполнено по той же схеме что и ОРУ-220 кВ. Диспетчерское наименование ОВ-110, ШСВ-110. Тип- 110. Дата ввода 1969-1978 г. Фактический срок службы 29-38 лет. Большинство выключателей фактически выработали свой срок службы. Кроме того, они морально устарели.

Выключатели ЗРУ-10 кВ. Диспетчерское наименование В-10, СВ-10. Тип ВМП-10. Дата ввода 1971-1987 гг. Фактический срок службы 25-40 лет. Фактически выработали свой срок службы.

Выключатели ЗРУ-6 кВ. ЗРУ-6 кВ выполнено по схеме «Одна рабочая секционированная выключателем система шин из четырех секций». Диспетчерское наименование В-6, СВ-6. Тип МГГ-10. Дата ввода 1962-1974 гг. Фактический срок службы 37-49 лет.

Выработали свой срок службы.

Разъединители ОРУ-220 кВ. Диспетчерское наименование Р-220, ШР-220. Тип РЛНД-220. Дата ввода 1970-1985 г. Фактический срок службы 27-41 лет. Большинство разъединителей фактически выработали свой срок службы.

Разъединители ОРУ-110кВ. Диспетчерское наименование Р-110, ШР-110. Тип РЛНД-110. Дата ввода 1965-1987 г. Фактический срок службы 25-47 лет. Большинство разъединителей фактически выработали свой срок службы.

Обоснование реконструкции подстанции «Левобережная»

Основанием для разработки проекта «Комплексная реконструкция подстанции 220 кВ Левобережная является рост электрических нагрузок города и, как следствие, увеличение перетоков мощности через автотрансформаторы, и необходимость замены морально и физически устаревшего оборудования, установленного на подстанции. Результаты расчетов для уровня нагрузок зимнего максимума и современного состояния сети ПС Левобережная приведены в табл. 1.

Покрытие нагрузок Центрального энергоузла Красноярской энергосистемы осуществляется от Красноярской ТЭЦ-1 и Красноярской ТЭЦ-2, расположенных в правобережной части города. Установленная мощность Красноярской ТЭЦ-1 составляет 506 МВт, располагаемая – 472 МВт.

Установленная мощность Красноярской ТЭЦ-2 составляет 465 МВт, располагаемая -454 МВт.

Таблица 1. Электрические нагрузки подстанции Левобережной

Наименования	2007 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.
В целом по подстанции, МВА	210	365	420	470
В том числе:				
Шины 10 кВ автотрансформаторов 220/110/10 кВ (электростанция)	64,0	148,8	150,0	150,0
Шины 6 кВ трансформаторов 110 кВ (городские потребители)	23,2	25,0	27,0	29,0
Шины 110 кВ (переток в сеть 110 кВ)	122,8	191,2	243,0	291,0

Кроме Красноярских ТЭЦ в обеспечении потребностей в электроэнергии и электрической мощности участвует Красноярская ГЭС. На Красноярской ГЭС установлено 12 гидрогенераторов по 500 МВт, которые скоммутированы по 6 штук на шины 500 и 220 кВ. Связи между ОРУ 500 кВ и ОРУ 220 кВ Красноярской ГЭС нет. Передача электроэнергии в Центральный энергоузел Красноярской энергосистемы осуществляется от шин 220 кВ по двухцепной ВЛ 220 кВ Красноярская ГЭС – ПС Левобережная – ПС ЦРП 220 кВ.

Результаты электрических расчетов, выполненных для уровня нагрузок 2020 года, показывают, что мощности существующих автотрансформаторов на ПС Левобережная в этот период не достаточно, поскольку нагрузка автотрансформаторов превышает 40 %, таким образом необходима либо

их замена на более мощные, либо установка третьего с такой же мощностью.

Существующая схема ПС Левобережной не соответствует современным требованиям технической политики «ФСК ЕЭС».

В настоящее время ОРУ 220 кВ и ОРУ 110 кВ подстанции выполнены по схеме «две системы сборных шин с обходной» с попарно параллельными присоединениями.

Подстанция Левобережная является одним из узловых коммутационных узлов электрических сетей 220-110 кВ города и к ней подключен ответственный потребитель – городская электростанция, которая предъявляет повышенные требования к надёжности.

Для питания городских потребителей на подстанции установлено два трехобмоточных трансформатора 110/35/6 кВ мощностью по 40,5 МВА. Питание городских потребителей осуществляется от шин 6 кВ, обмотка 35 кВ не задействована.

УДК 621.31

РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ОТ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ КЛАССОМ НАПРЯЖЕНИЯ 220 кВ

А.Г. Наам, Н.Н. Брюханов

Научный руководитель Р.А. Петухов, А.С. Амузаде

Сибирский федеральный университет

Напряжённость электрического поля оказывает прямое влияние на здоровье человека, поэтому при проектировании воздушных линий сверхвысокого напряжения необходимо учитывать расположение жилого массива в непосредственной близости от неё. Рассматриваемая нами линия 220 кВ находится в районе Зелёной рощи города Красноярска. Необходимо произвести расчет напряженности электрического поля по параметрам воздушной линии; проведение измерительных работ для получения действительных значений напряженности; сравнение расчетных и действительных значений с предельно допустимыми значениями, установленными санитарными нормами и правилами, тем самым определить уровень превышения воздействия электрического поля на жилой район вблизи ЛЭП.

Для теоретического расчета напряженности были взяты стандартные параметры линии 220 кВ, (табл. 1).

Таблица 1. Исходные параметры расчета

$U_{\text{ном}},$ кВ	Расстояние между фа- зами $D, \text{м}$	Длина пролёта $l, \text{м}$	Высота опоры $H, \text{м}$	Габарит $h, \text{м}$	Марка провода	Радиус провода $r, \text{м}$
220	7	250-350	25-30	7-8	АС 185	0,019

Для упрощения приняли, что грозозащитный трос изолирован от опоры. В результате этого тросы не оказывают существенного влияния на электрическое поле проводов. При этом условии вычисленные значения напряжённостей поля будут несколько завышенными по сравнению с фактическими значениями, что в итоге ужесточает требование безопасности и поэтому допустимо.

В расчете используется метод зеркальных проекций, при котором поле ВЛ будет создаваться не только зарядами проводов, но и зарядами их зеркальных изображений. При этом вектор напряжённости суммарного поля будет равен геометрической сумме векторов напряжённостей полей всех зарядов (рис.1). Напряжённость поля рассчитываем на приблизительной высоте человеческого тела – на уровне двух метров.

Искомая напряжённость трёхфазной воздушной линии

$$E = \frac{CU_{\phi}}{4\pi\epsilon_0} \sqrt{(2k_1 - k_3 - k_5)^2 + 3(k_3 - k_5)^2 + (2k_2 - k_4 - k_6)^2 + 3(k_4 - k_6)^2}$$

Коэффициенты k имеют следующие значения:

$$k_1 = \frac{x+d}{m_A^2} - \frac{x+d}{n_A^2}; \quad k_2 = \frac{H-h}{m_A^2} + \frac{H+h}{n_A^2};$$

$$k_3 = \frac{x}{m_B^2} - \frac{x}{n_B^2}; \quad k_4 = \frac{H-h}{m_B^2} + \frac{H+h}{n_B^2};$$

$$k_5 = \frac{x-d}{m_C^2} - \frac{x-d}{n_C^2}; \quad k_6 = \frac{H-h}{m_C^2} + \frac{H+h}{n_C^2}.$$

Отрезки m и n являются гипотенузами соответствующих треугольников (рис. 1) и определяются следующими уравнениями:

$$m_A = \sqrt{(H-h+12)^2 + x^2}; \quad n_A = \sqrt{(H+h+12)^2 + x^2};$$

$$m_B = \sqrt{(H-h+6)^2 + (x-d/2)^2}; \quad n_B = \sqrt{(H+h+6)^2 + (x-d/2)^2};$$

$$m_C = \sqrt{(H-h)^2 + x^2}; \quad n_C = \sqrt{(H+h)^2 + x^2}.$$

По результатам расчетов был построен график напряженности в зависимости от расстояния (рис. 2).

Практической стороной произведены замеры напряжённости электрического поля комплектом приборов для измерения электромагнитных излучений «циклон 05» (рис.3).

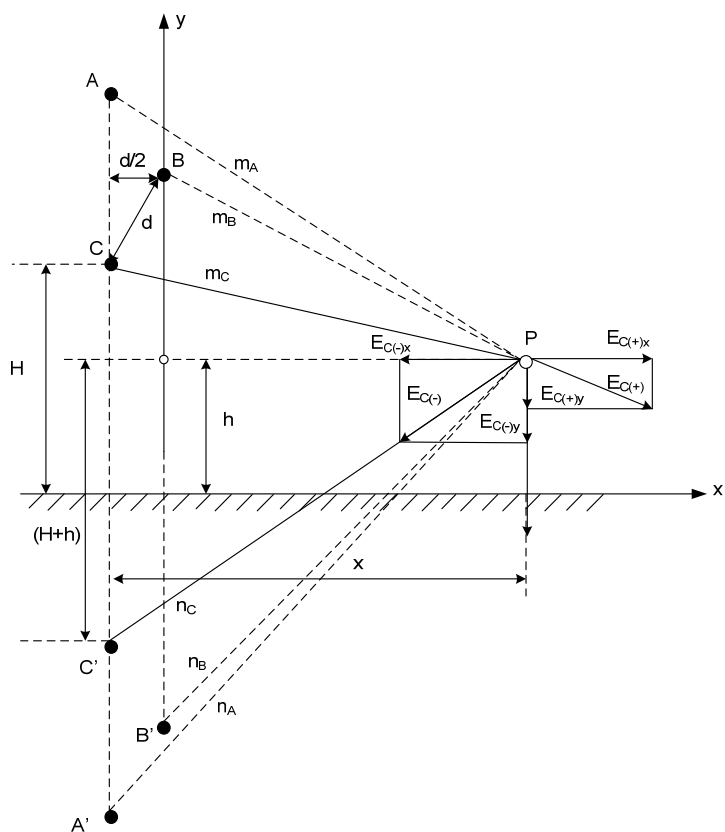


Рис. 1. К вычислению напряжённости поля вблизи воздушной линии электропередач в точке P.

A, B, C – фазы (провода) линии; A', B', C' – зеркальное изображение фаз; m_A, m_B, m_C – кратчайшее расстояние от P до фаз линии; n_A, n_B, n_C – кратчайшее расстояние от P до зеркальных отображений фаз

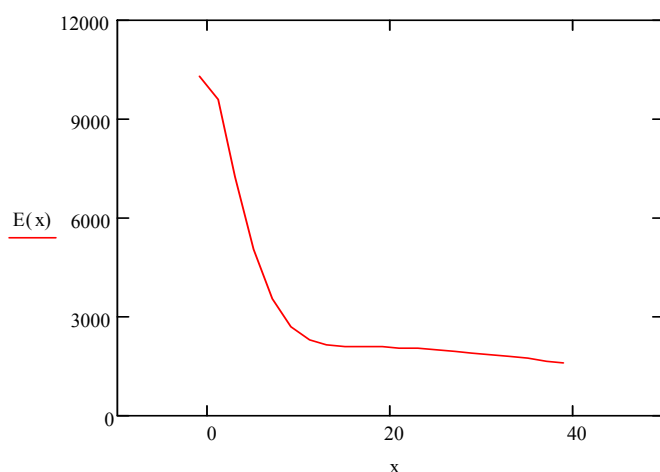


Рис. 2. Расчетный график напряжённости

Комплект приборов предназначен для измерения среднеквадратических значений магнитной индукции и напряженности низкочастотных электромагнитных полей вблизи различных технических средств, в том числе компьютеров, при контроле норм в области охраны природы, безо-

пасности труда и населения в соответствии с государственными стандартами (ГОСТ Р 50948-96) и санитарными нормами (СанПиН 2.2.2.542-96). Комплектуется дипольной антенной для измерения напряженности поля в свободном пространстве и дисковой антенной ($D=300$ мм) для измерений электрических полей компьютеров по ГОСТ Р 50949-96. Основная погрешность измерения – не более 20 %.



Рис. 3. Комплект приборов «Циклон 05»

Предел измерения электрического поля – 2 кВ/м, что позволяет использовать прибор при измерении фона промышленной частоты 50 Гц на рабочих местах с ПЭВМ в соответствии с требованиями СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. По результатам проведённых измерений напряжённости построен результирующий график (рис. 4).

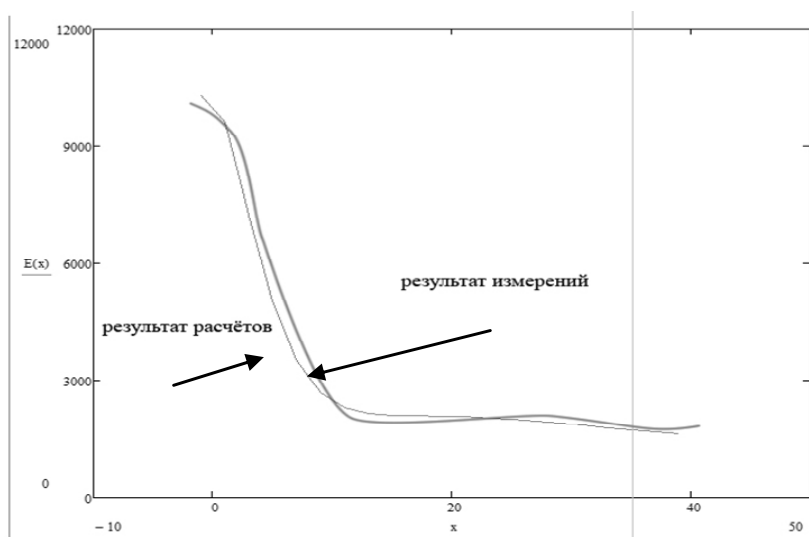


Рис. 4. График результатов измерений

Отклонение экспериментальных значений от расчетных не превышает 5%.

Согласно предельно допустимому уровню (Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электрического поля, создавае-

мого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты (утв. заместителем Главного Государственного санитарного врача СССР 28 февраля 1984 г. N 2971-84)) напряжённость электрического поля на территории зоны жилой застройки не должна превышать значения 1кВ/м.

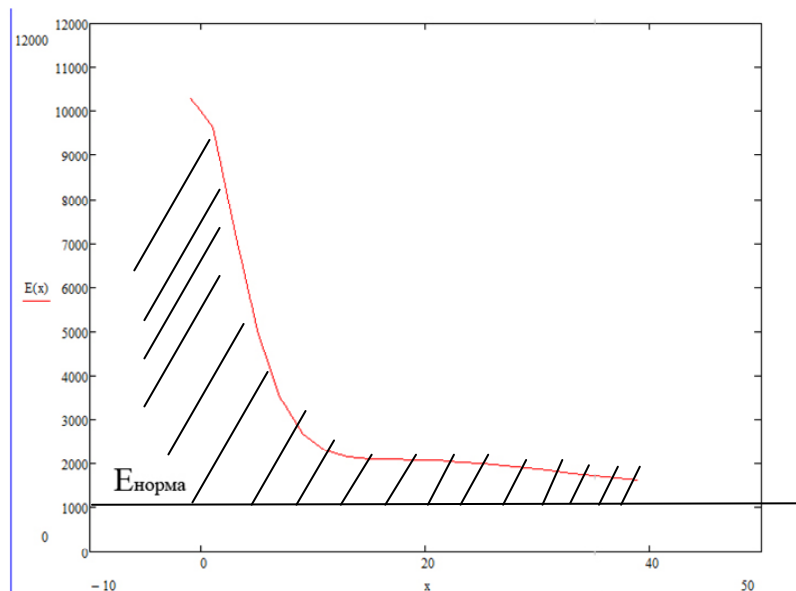


Рис. 5. График превышения нормы

При нанесении значения напряжённости электрического поля на график можно увидеть уровень превышения нормированного значения. На графике (рис. 5) заметно нарушение нормы напряжённости поля в 1,5-2 раза, что усиливает непосредственное воздействие, проявляющееся при пребывании человека в электрическом поле.

УДК 621.31

ПОТЕНЦИАЛ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ УМНОГО ДОМА

Л.В. Десягин

Научные руководители А.С. Амузаде, Р.А. Петухов
Сибирский федеральный университет

В условиях ограниченности и истощаемости энергоресурсов проблема рационального использования вырабатываемой электроэнергии приобретает особую актуальность.

Технологии так называемого «умного дома» позволяют автоматизировать управление всеми электрическими приборами дома, осуществляя комфорт и значительные резервы экономии электроэнергии. Основными подсистемами управления, влияющими на энергосбережение являются:

- 1) управляемое электрическое освещение;
- 2) системы обогрева (кондиционеры, автоматизированные газовые котлы индивидуального отопления, системы «теплый пол»);

- 3) контроль и управление прочими инженерными коммуникациями.

Основными путями экономии электрической энергии являются:

- 1) повышение эффективности использования электроэнергии;
- 2) снижение нерационального расхода электроэнергии;
- 3) поиск и использование альтернативных источников электроэнергии.

Повышение эффективности использования электроэнергии может быть получено заменой электрооборудования на более энергоэффективные модели (холодильники с расходом до 0,88 кВтч/сутки, стиральные машины – до 0,8 кВтч/цикл стирки, электрическое освещение с большей энергоэффективностью – светоотдачей, устройства для приготовления пищи непосредственного нагрева – СВЧ печи и т.д.). Все эти меры позволяют существенно снизить общее энергопотребление.

Сегодня до 10-15 % генерируемой в мире электрической энергии расходуется на освещение. Сократить расход электроэнергии на эти цели можно путем более рационального ее использования.

К основным мероприятиям энергосбережения в области электрического освещения относятся:

- 1) переход на другой тип источника света с более высокой светоотдачей (лм/Вт) (например, повышение доли компактных люминесцентных ламп и светодиодов в освещении домов со светоотдачей 80-100 лм/Вт вместо 10-15 лм/Вт ламп накаливания);

- 2) повышение КПД эксплуатируемых осветительных приборов вследствие чистки их светоотражающих и светопрозрачных поверхностей;

- 3) повышение эффективности использования отражённого света. Увеличение коэффициентов отражения поверхностей помещений на 20 % и более (покраска в более светлые тона, побелка, мойка) позволяет экономить 5-15 % электроэнергии, вследствие увеличения уровня освещенности от естественного и искусственного освещения;

- 4) установка энергоэффективной пускорегулирующей аппаратуры (ПРА) для энергосберегающих ламп (повышает эффективность использования электроэнергии на 5-20 %);

- 5) замена светильников является наиболее эффективным комплексным мероприятием, так как включает в себя замену ламп, повышение КПД светильника, оптимизацию светораспределения светильника и его распо-

ложения (правильный выбор светильников и норм освещения по зонам жилой площади в соответствии с выполняемой работой).

Все вышеперечисленные способы позволяют экономить около 30 % потребления электроэнергии дома.

Снижение нерациональных расходов электроэнергии в «умном доме» осуществляется управлением освещением в зависимости от продолжительности солнечного дня, детализированным учетом расхода электроэнергии по отдельным группам приборов, управлением системами обогрева в зависимости от внешних климатических условий (температура и влажность воздуха, скорость ветра и т.д.).

Системы освещения различаются по способу управления:

- 1) с дискретным управлением (включение-выключение);
- 2) с плавным управлением;
- 3) с комбинированным управлением.

К числу систем освещения с дискретным управлением относятся, прежде всего, системы, основанные на фотореле, и системы, основанные на таймерах. Первые автоматически включают и выключают освещение, исходя из информации об уровне освещенности, получаемой от соответствующих датчиков. Вторые включают и выключают освещение, будучи запрограммированными на выполнение этой операции в определенное время суток. Также к дискретным системам автоматического управления освещением относят автоматы, оборудованные датчиками присутствия. Данные системы автоматически отключают освещение через определенный промежуток времени после того, как помещение покинут все люди, и автоматически включают его при появлении в помещении человека.

С точки зрения экономии электроэнергии этот вид дискретных систем автоматического управления освещением наиболее эффективен. Однако, помимо плюсов, у него есть и свои минусы – при частой смене обстановки (присутствие/отсутствие в помещении людей) частые включения/выключения освещения несколько снижают срок службы ламп.

Более сложными и эффективными, как в плане энергосбережения, так и в плане обеспечения комфорта, являются системы с плавной регулировкой мощности освещения. В основу их принципа действия заложено поддержание заданного общего уровня освещенности помещения с учетом уровня естественного освещения. При увеличении с течением времени яркости естественного освещения мощность осветительных установок понижается. Если же естественное освещение начинает уменьшаться, то мощность осветительных приборов возрастает.

Плавное регулирование освещения с учетом уровня естественной освещенности помещения или участка местности позволит сократить расходы на освещение от 20 до 40 %. Такая экономия достаточно быстро пере-

кроет все затраты, связанные с приобретением и установкой системы автоматического управления освещением.

Дополнительную экономию электроэнергии в 10-25 % может дать установка комбинированных систем автоматического управления освещением. Например, в систему автоматического управления освещением, поддерживающую заданный уровень освещенности с учетом яркости естественного освещения, встраиваются таймеры и датчики, полностью отключающие освещение в помещении или на территории в определенное время суток (в офисе – после окончания рабочего дня) и/или дни недели (в выходные дни, праздники) или же после ухода из офиса последнего сотрудника. Датчики движения обычно устанавливаются в проходных помещениях с непродолжительным пребыванием людей: коридоры, лестничные клетки, санузлы, паркинги, тамбуры и т.д. Датчики присутствия включают освещение и приборы только на время присутствия людей в заданном месте/зоне: спальня, рабочий кабинет и т.д.

По уровню управления освещением системы автоматического управления подразделяют на локальные и централизованные. Локальные системы могут устанавливаться как на отдельных светильниках, так и для помещения в целом. Централизованные системы автоматического управления освещением контролируют работу групп светильников и могут быть как специализированными (интеллектуальные системы на основе микропроцессоров, управляющие исключительно освещением в домах или на определенном участке местности), так и являться составной частью автоматических управляющих систем общего назначения, в ведении которых находится управление всеми инженерными коммуникациями дома.

В обоих случаях централизованные системы управления способны обеспечивать обмен информацией не только между отдельными узлами или сегментами системы освещения, но и с другими системами здания – телефонными линиями, системами безопасности, отопления и кондиционирования и другими.

У систем «умного дома» есть особенности, которые ограничивают применение этих технологий. Для построения системы автоматического управления в «умном доме» обычно используется шинная технология, ставшая стандартом в большинстве европейских стран. При такой технологии все выключатели и электроприборы связаны между собой одной магистральной линией – шиной. Таким образом, к каждому выключателю/модулю приходят не только привычные нам провода с напряжением 220 Вольт, которые потом идут на лампочку (нагрузку), но и слаботочный кабель с напряжением 24 Вольта. При шинной организации проводки проводов требуется значительно меньше. В любой момент можно изменить функции выключателя (например, для управления другими группами света и электроприборами) или можно добавить новый выключатель.

«Умный дом» может оснащаться альтернативными источниками энергии, такими как ветроэнергетические установки, фотоэлектрические батареи и микроГЭС для обеспечения экономии электроэнергии, потребляемой из центральных электрических сетей. Также с помощью альтернативных источников энергии могут решаться задачи автономного электрообеспечения. Использование таких источников энергии требует учета внешних параметров, влияющих на прогнозируемую выработку ими электроэнергии, время автономной работы. Использование таких автономных энергоисточников в системах «умного дома» позволяет строить на базе микрорайонов «умных домов» так называемые умные электрические сети. «Умные сети» могут отключать неответственных потребителей, осуществлять функции релейной защиты, автоматизировать процесс перераспределения электроэнергии пропорционально потреблению и генерации электрической энергии и другие требуемые функции. Использование «умных домов» как узлов таких «умных сетей» органично сочетается с мировыми тенденциями снижения расходов на энергосберегающие технологии и микроэлектронику управления.

УДК 621.311.078

МОДЕЛИРОВАНИЕ БЛОКИРОВОК МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ ДИСТАНЦИОННЫХ ЗАЩИТ

Д.Н. Киселев

Научный руководитель Ю.А. Ершов
Сибирский федеральный университет

Современные компьютерные технологии дают возможность виртуального испытания устройств релейной защиты. Существующие на сегодняшний день программы позволяют создавать модели, которые могут отслеживать входные и выходные данные, а также промежуточные расчёты. Таким образом, можно контролировать работу устройств релейной защиты в режиме реального времени и проверить правильность их функционирования при различных режимах электрической системы.

В данной работе представлены модели блокировок дистанционной защиты, разработанные в программе *Matlab/simulink*. Разработанные модели в сочетании с моделями органов сопротивления будут использованы в моделях микропроцессорных дистанционных защит.

Моделирование блокировки при качаниях.

Качания в энергосистеме могут возникать в случае отключения больших нагрузок и после отключения мощных электростанций.

Блокировка при качаниях используется для обнаружения качаний мощности и блокировки выбранных зон дистанционной защиты.

Существующие блокировки при качаниях защит типа ЭПЗ-1636 и ШДЭ-2801 реагируют на приращения токов и напряжений прямой и обратной последовательностей.

Разработанная модель блокировки при качаниях реагирует на скорость изменения полного сопротивления. Такой принцип действия применяется в современных микропроцессорных дистанционных защитах.

Функциональная схема модели блокировки при качаниях представлена на рис. 1 и состоит из трех органов: измерительный орган (ИО), пусковой орган (ПО) и логическая часть (ЛЧ).

Работа ИО блокировки при качаниях основана на дистанционном принципе измерения. Расчёт сопротивлений производится путем деления мгновенных значений ортогональных составляющих напряжения и тока.

Входные данные измерительного органа блокировки представляют собой дискретные значения токов и напряжений, полученные от цифрового фильтра. Формирователи ортогональных составляющих тока ($ORT\ I$) и напряжения ($ORT\ U$) выдают действительные (I_x , U_x) и мнимые (I_y , U_y) значения величин.

Действительная (активная) R и мнимая (реактивная) X составляющие сопротивления Z выражаются из формулы (1).

$$Z = R + jX = (U_x + jU_y) / (I_x + jI_y) \quad (1)$$

Алгоритм работы ПО модели состоит из двух частей: формирование условий срабатывания блокировки и проверка их выполнения.

Условия срабатывания блокировки задаются уставками: по активному сопротивлению (R_{01} , R_{02} , R_{03} , R_{04}), по реактивному сопротивлению (X_{01} , X_{02} , X_{03} , X_{04}) и по углу (b_1 , b_2 , b_3 , b_4).

Эти уставки формируют восемь уравнений прямых, определяющих внутреннюю и внешнюю границы характеристики срабатывания блокировки при качаниях (рис. 2).

Вторая часть алгоритма ПО блокировки основана на определении времени, которое необходимо для прохождения годографа полного сопротивления Z между внешней и внутренней границей характеристики срабатывания.

При коротком замыкании время прохождения годографа значительно меньше, чем при качаниях. Поэтому при коротком замыкании ЛЧ блокировки разрешает работать дистанционной защите на время ее срабатывания (задается уставками), если защита не сработает, то блокировка запрещает действие защиты.

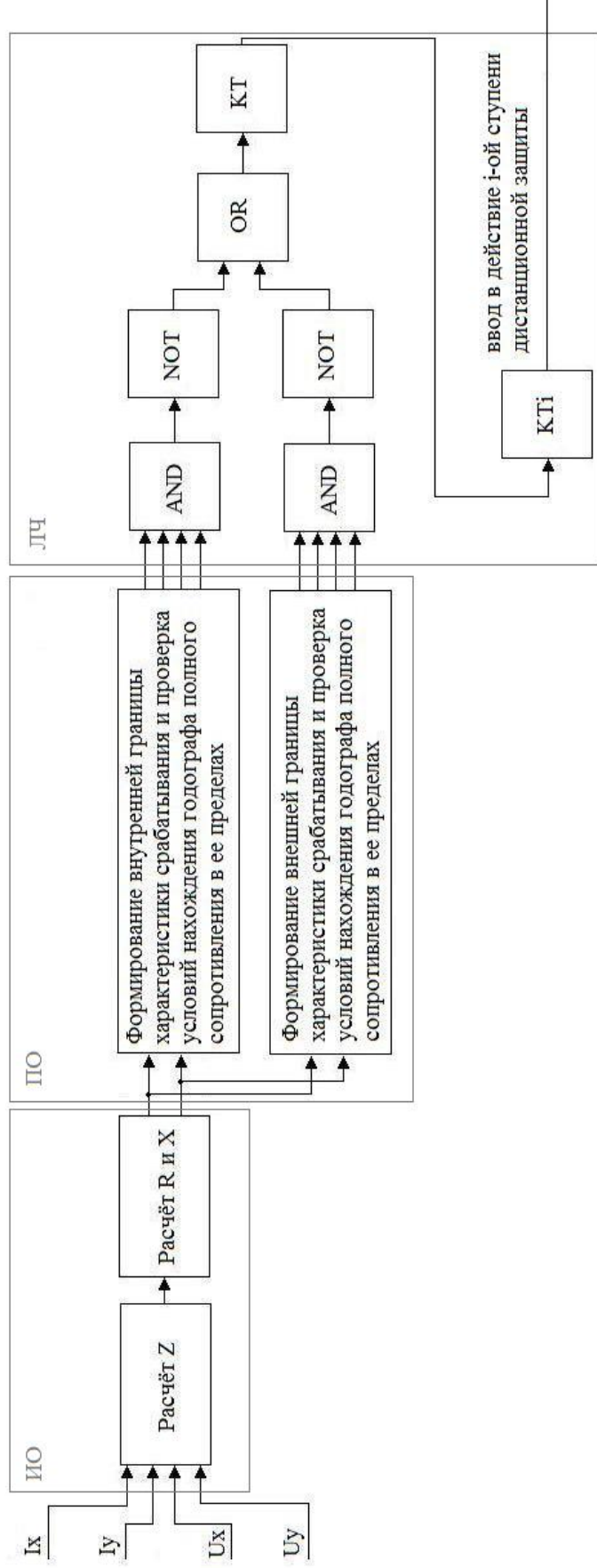


Рис. 1 - Функциональная схема блокировки при качаниях

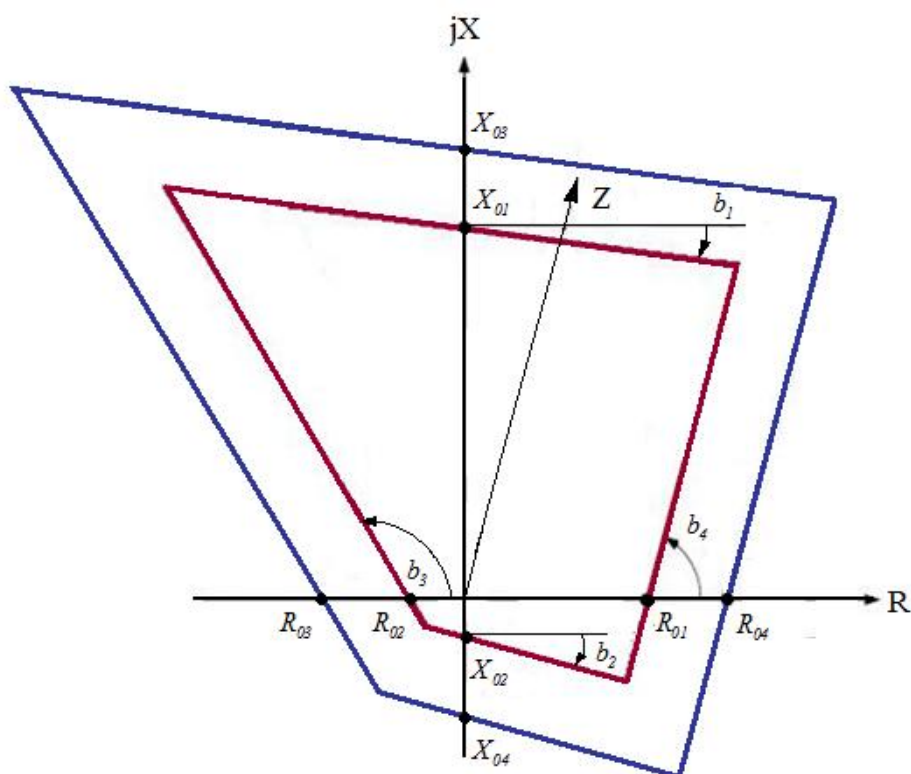


Рис. 2. Характеристика срабатывания блокировки при качаниях

Выявление качаний в энергосистеме происходит в том случае, если время нахождения годографа полного сопротивления между внешней и внутренней границей характеристики срабатывания превышает время, заданное уставкой. В этом случае блокировка запрещает действие дистанционной защиты.

Все вычисления производятся в режиме реального времени, соответственно при поступлении новых значений ортогональных составляющих напряжений и токов расчёт повторяется.

Данная модель является универсальной. Существует возможность изменения характеристики срабатывания блокировки путем ввода других параметров R_{01} , R_{02} , R_{03} , R_{04} , X_{01} , X_{02} , X_{03} , X_{04} , b_1 , b_2 , b_3 , b_4 . Таким образом, данная блокировка может быть использована в любой ступени дистанционной защиты. Диалоговое окно ввода уставок представлено на рис. 3.

Блокировка неисправности цепей переменного напряжения.

Назначение блокировки неисправности цепей переменного напряжения – блокировка функций, использующих цепи напряжения при их неисправности (для предотвращения ложной работы защиты).

На сегодняшний день существует несколько видов блокировок неисправности цепей переменного напряжения. Они различаются по способу выявления неисправности. Применяются, в основном, два различных алгоритма: алгоритм, с использованием величин обратной и нулевой последо-

вательностей, а также алгоритм, основанный на измерении скорости изменения токов и напряжений.

Function Block Parameters: PSD3 A

Subsystem (mask)

Parameters

R01 (0,2 - 100, ohm)
4.6

R02 (-10 - 0, ohm)
-0.46

R03 (0,2 - 100, ohm)
5.0

R04 (-10 - 0, ohm)
-0.50

X01 (0,2 - 100, ohm)
9.6

X02 (-10 - 0, ohm)
-0.96

X03 (0,2 - 100, ohm)
10.0

X04 (-10 - 0, ohm)
-1.0

b1 (-50 - 0, grad)
-4.763

b2 (-89 - 0, grad)
-15.94

b3 (91 - 179, grad)
96.34

b4 (50 - 89, grad)
69.44

t3 (0 - 15, c)
1

OK Cancel Help Apply

Рис. 3. Уставки органа блокировки при качаниях

Разработанная в программе *Matlab/simulink* модель блокировки неисправности цепей переменного напряжения основана на выявлении изменения напряжения. В случае короткого замыкания напряжение близко к нулю, но не всегда равно ему. Орган неисправности цепей переменного напряжения в режиме реального времени выявляет изменения напряжения, и в случае его отсутствия блокирует работу дистанционной защиты.

Испытание моделей производится в следующем порядке:

1. Запуск программы.
2. Получение ортогональных составляющих напряжений и токов.
3. Ввод параметров, задающих область зоны срабатывания.
4. Получение результата.

Данные модели блокировок позволяют создавать модели дистанционных защит и исследовать их, как в лабораторных, так и в научных целях.

ВЛИЯНИЕ ЗАТУХАНИЯ НА РЕЖИМ ПОЛУВОЛНОВОЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Ю.В. Князев

Научный руководитель Т.М. Чупак

Сибирский федеральный университет

В настоящее время является актуальным вопрос, посвященный сверхдальному транспорту электроэнергии. Исследованию возможности его осуществления посвящено достаточно работ, большинство из которых склоняются к применению полуволновых электропередач для осуществления передачи электроэнергии на сверхдальные расстояния, которые составляют от 2000 до 4000 км. Прежде всего, это транспорт электрической мощности из избыточной ОЭС Сибири в европейскую часть России с перспективой экспорта электроэнергии в страны ближнего зарубежья. Также существуют проекты транспорта энергии с использованием полуволновой технологии в странах Африки, Южной Америки, Китая и США. Все эти проекты связаны с выдачей мощности в удалённые промышленные районы указанных стран [1].

Сверхдальный транспорт электроэнергии предполагает использование линий сверх- и ультравысокого напряжения (СВН и УВН). В России есть небольшой опыт использования ВЛ 1150 кВ на участке Экибастуз – Кокчетав. Предполагается создание полуволновой (ПЭП) электрической связи Сибирь – ЕЭЭС длиной около 3000 км для передачи 4500 МВт, к рассмотрению которой мы и обратим внимание.

ПЭП имеет ряд замечательных особенностей, описанных в ряде работ. В [1] подробно рассмотрены режимы, как изолированной ПЭП, так и в составе энергообъединения.

Токи и напряжения по концам ЭП связаны между собой уравнениями длиной линии (1), (2) с использованием волновых параметров (3) и (4)

$$\dot{U}_x = U_2 \cos(\underline{\gamma}_0 l) + \sqrt{3} \dot{I}_2 \underline{Z}_c \sin(\underline{\gamma}_0 l) \quad (1)$$

$$\dot{I}_x = I_2 \cos(\underline{\gamma}_0 l) + \frac{\dot{U}_2}{\sqrt{3} \underline{Z}_c} \sin(\underline{\gamma}_0 l). \quad (2)$$

$$\underline{\gamma}_0 = \sqrt{\underline{z}_0 \underline{y}_0} = \sqrt{(r_0 + jx_0) \cdot (g_0 + jb_0)} \quad (3)$$

$$\underline{Z}_c = \sqrt{\frac{\underline{z}_0}{\underline{y}_0}} = \sqrt{\frac{(r_0 + jx_0)}{(g_0 + jb_0)}}. \quad (4)$$

Стоит отметить, что для исследований протяжённых электропередач, как правило, рассматриваются идеализированные линии, так как в этом случае упрощается расчёт и обеспечивается большая наглядность результатов. Однако, пренебрежение активными сопротивлением и проводимостью приводит к искажению общей картины действительных процессов, происходящих в этих непростых с точки зрения теории традиционных электропередачах.

Покажем на примере расчёта ПЭП 1150 кВ необходимость учёта активных составляющих сопротивления и проводимости при анализе режимов работы электропередач такого типа.

Для расчёта взята ПЭП 1150 кВ с конструкцией фазы 8×АС 330/43. Параметры линии приведены в табл. 1.

На рис. 1 приведём графики распределения напряжения и тока для идеализированной ПЭП 1150 кВ для режима натуральной мощности 5533 МВт (а) и планируемой к передаче мощности 4500 МВт (б). За базисные значения приняты номинальное напряжение и ток в конце ПЭП.

Таблица 1. Параметры идеализированной и реальной ПЭП

	Z_c , Ом	γ_0 , 1/км	P_c , МВт
Идеализированная	239	$j1,049 \cdot 10^{-3}$ 1/км	5533
Реальная	$239,05 - j5,05$	$(-0,0274 - j1,049) \cdot 10^{-3}$	5450

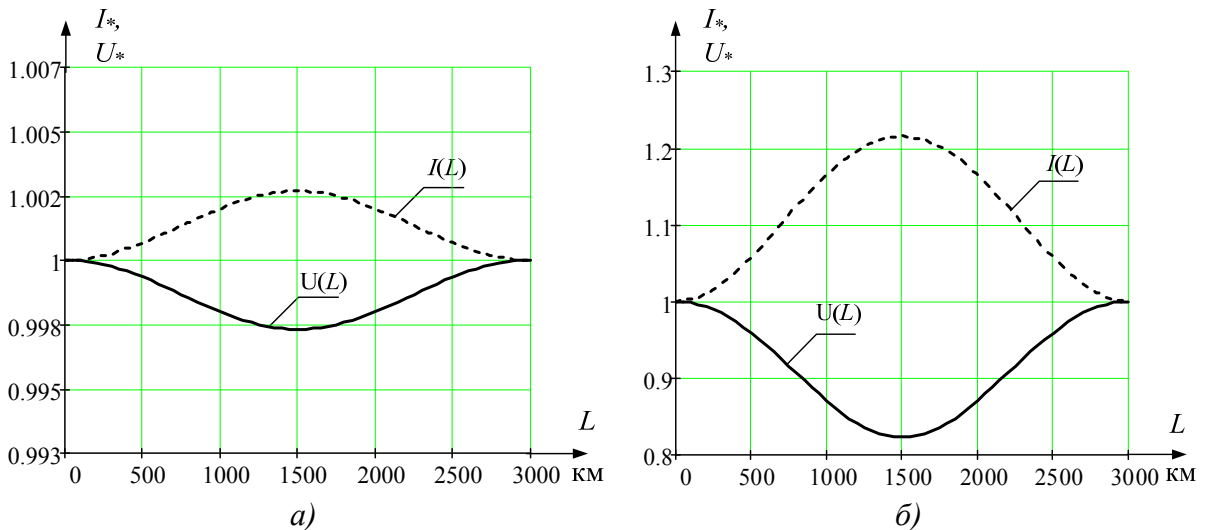


Рис. 1. Распределение напряжения и тока вдоль идеализированной ПЭП

При передаче натуральной мощности и меньше натуральной (4500 МВт) значительно отличаются графики распределения напряжения вдоль линии.

В случае идеализированной ЛЭП при отсутствии потерь, КПД линии 100 %.

Это, безусловно, может являться сильным аргументом к применению подобных линий в практической электроэнергетике.

Но, с другой стороны, правомерное допущение (отношение r/x может достигать 0,050) позволяет рассматривать режимы подобных линий только в качественном смысле для наглядности происходящих в них процессов. Введение же активного сопротивления приводит к появлению затухания кривых напряжения и тока вдоль линии. Это связано с потерями энергии на активном сопротивлении, которые, в конечном итоге, расходуются на нагрев проводов.

На рис. 2 приведены графики распределения напряжения и тока для ПЭП 1150 кВ с учётом активного сопротивления для режима натуральной мощности 5450 МВт (а) и планируемой к передаче мощности 4500 МВт (б).

Заметим, что появляется реальная составляющая постоянной распространения с отрицательным знаком, ответственная за затухание электромагнитной волны. Модуль волнового сопротивления практически не увеличивается. Снижение натуральной мощности линии составляет порядка 0,05 %. Больше же влияние введение в расчёт активного сопротивления оказывает на режим распределения напряжения и тока по линии.

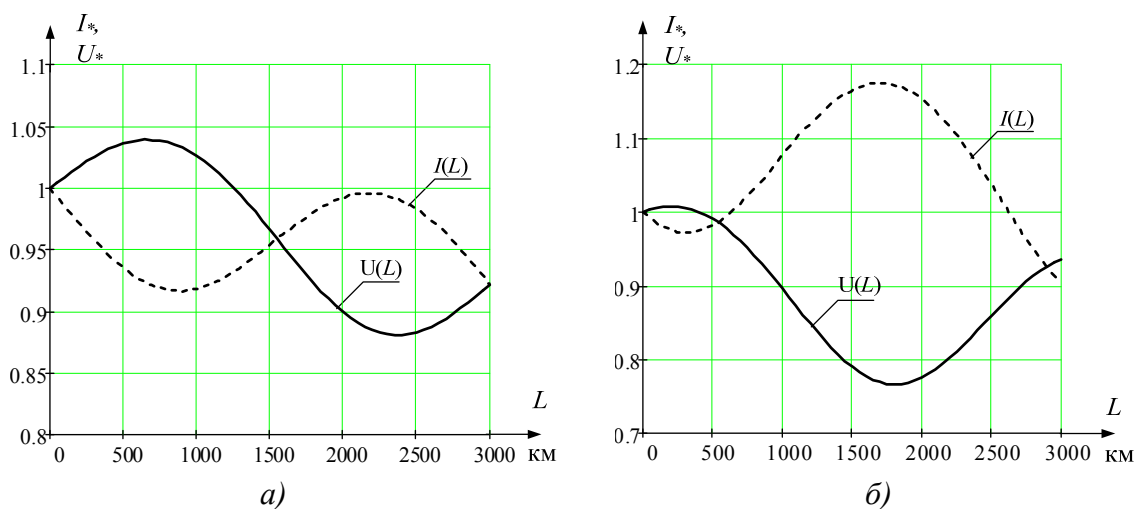


Рис. 2. Распределение напряжения и тока вдоль реальной ПЭП

Отметим, что характер распределения напряжения и тока заметно меняется, в сравнении с идеализированной линией. КПД электропередачи снижается до 84,5 %.

Рис. 2 (б) показывает поведение электромагнитной волны при передаче по ПЭП проектной мощности 4500 МВт. Этот режим можно назвать более безопасным для воздушной изоляции проводов, т.к. отсутствует повышение напряжения в начале линии.

КПД линии составит 84,6 %, что близко к режиму натуральной мощности.

Сравнивая результаты расчётов для идеализированной и реальной электропередачи, можно говорить о том, что малое активное сопротивление линии (по сравнению с индуктивным) приводит к значительному затуханию волн тока и напряжения, т.е. к потерям активной мощности в линии и снижению КПД.

Таким образом, учёт r_0 и g_0 в расчётах режимов сверхдальних электропередач приводит к значительному изменению характера распределения тока и напряжения по длине линии. Допущение о пренебрежимой малости этих параметров приводит к значительным отклонениям от действительных значений и возможным нежелательным последствиям. Поэтому можно сделать вывод о том, что для полного анализа режимов протяжённых электропередач СВН и УВН необходим учёт активных параметров схемы замещения.

Список литературы

1. Зильберман С.М., Самородов Г.И. Сверхдальние электропередачи полуволнового типа. – Новосибирск: Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2010. – 327 с.
2. Рыжов Ю.П., Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007 – 488 с.

УДК 621.311.1.001

ВЛИЯНИЕ ЗАГРУЗКИ ГОЛОВНЫХ УЧАСТКОВ ФИДЕРОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ НА НОРМИРОВАНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ШАРЫПОВСКОМ РЭС

Д.П. Ковалёв, К.Е. Блохин
Научный руководитель А.Э. Бобров
Сибирский федеральный университет

Потери электроэнергии (ЭЭ) являются важнейшим показателем эффективности функционирования распределительных электрических сетей (РЭС), режим работы которых является оптимальным при минимальных потерях. Поэтому увеличение точности расчетов потерь ЭЭ (с определенной достоверностью), анализ технической и коммерческой составляющих которых в энергоснабжающих и энергосбытовых предприятиях выполняется ежемесячно, является важнейшим резервом обеспечения высоких экономических показателей работы предприятий электрических сетей (ПЭС), на которые приходится большая часть суммарных потерь ЭЭ.

Также в связи с развитием рыночных отношений в стране значимость проблемы потерь ЭЭ существенно возросла. Стоимость потерь является одной из составляющих тарифа на электроэнергию. В силу монопольного характера электроснабжения естественное установление тарифов на уровне баланса цен спроса и предложения с помощью рыночных механизмов невозможно, так как альтернативные возможности электроснабжения отсутствуют. Потребитель может получать ЭЭ только от «своей» энергоснабжающей организации.

В этой ситуации регулирование тарифов возлагается на государственные регулирующие органы (федеральную и региональные энергетические комиссии). Энергоснабжающие организации должны обосновывать уровень потерь электроэнергии, который они считают целесообразным включить в тариф, а энергетические комиссии – анализировать эти обоснования и принимать или корректировать их. Возникает задача определения нормативов потерь электроэнергии.

Нормирование потерь является организационным инструментом стимулирования сетевых организаций к проведению экономически обоснованных мероприятий по снижению потерь (МСП) с целью снижения темпов роста тарифов на электроэнергию.

Сверхнормативные потери электроэнергии в электрических сетях – это прямые финансовые убытки электросетевых компаний.

Основной целью данной работы является исследование влияния загрузки фидеров 10 кВ на расчёт, анализ и нормирование потерь электроэнергии, а также всестороннее рассмотрение метода расчёта и анализа технических потерь электроэнергии в распределительных электрических сетях 6–10 кВ, базирующегося на системе головного учета (пропуск ЭЭ в РЭС) и моделировании среднеквадратичных токов их средними значениями и коэффициентом формы, который реализован, например, в экспериментальном программно-вычислительном комплексе (ПВК) *REG10PVT*.

В работе расчёт и нормирование потерь электроэнергии проводится для районных распределительных электрических сетей напряжением 10 кВ с использованием ПВК *REG10PVT*. Программа позволяет определить норматив потерь ЭЭ и его составляющие, а также производить расчёт установившихся режимов (УР) работы сети.

Рассчитываемая РЭС входит в состав ОАО Красноярскэнерго «КАТЭКэлектросеть», которое представляет собой комплексное предприятие, обслуживающее высоковольтные электрические сети напряжением 10 кВ и выше и распределительные сети 10–0,4 кВ (в основном сельскохозяйственного и коммунально-бытового назначения).

Рассчитываемая Шарыповская РЭС содержит 26 фидеров напряжением 10 кВ, которые принадлежат девяти подстанциям (ПС): «Береш»,

«Берёзовская», «БУР», «Городская», «Инголь», «Парная», «Шарыповская», «Шушь», «Западная».

Исходными данными к работе были принципиальные электрические схемы фидеров Шарыповского РЭС и их параметры: длины линий и марки проводов, тип и мощность установленного оборудования. Зная эти величины, были произведены расчеты установившихся режимов 26 фидеров за расчетный период – февраль месяц (время работы 672 часа и средняя температура воздуха -20°C). В результате по каждому фидеру получены значения потерь ЭЭ в линиях, трансформаторах (нагрузочная составляющая и составляющая холостого хода), пропуск ЭЭ через сеть 0,4 кВ, суммарные технические потери ЭЭ, доля их от отпущенной ЭЭ. На основе этих данных рассчитан норматив отчетных потерь ЭЭ в киловатт-часах и процентах.

Потери по всем фидерам в течение всего расчётного периода суммировались, и на основе этих данных были построены графики, представленные ниже.

При малой загрузке сети потери ЭЭ холостого хода преобладают над нагрузочными потерями ЭЭ в трансформаторах. В связи с этим повышение пропуск ЭЭ (загрузки сети) всегда сопровождалось понижением нормативов потерь ЭЭ в о. е. То есть, доля технических потерь ЭЭ на фоне пропуска ЭЭ уменьшается, при этом нагрузочная составляющая технических потерь увеличивается, а потери х. х. ЭЭ изменялись незначительно.

Высокие потери ЭЭ холостого хода в трансформаторах вызывают увеличение суммарных технических потерь $\Delta W_{\text{техн}}$ и, как следствие, приводят к повышению норматива потерь.

Динамику изменений основных показателей Шарыповского РЭС при изменении загрузки сети представим на рис. 1–3.

Из рис. 1. следует, что определяющая часть значения норматива потерь ЭЭ – суммарные технические потери электроэнергии. При увеличении пропуска ЭЭ через головной участок фидера увеличивается общая нагрузка сети, при этом возрастают нагрузочные потери. Из двух составляющих нагрузочных потерь ЭЭ (нагрузочные потери в трансформаторах $\Delta W_{\text{нагТ}}$ и в линиях $\Delta W_{\text{л}}$) определяющую роль в изменении суммарных потерь ЭЭ $\Delta W_{\text{техн}}^{\text{расч}}$ и нормативе играют именно потери в линиях $\Delta W_{\text{л}}$ (см. рис. 1, б). Суммарные потери в трансформаторах $\Delta W_{\text{Т}}$ при увеличении загрузки сети возрастают. Нагрузочные $\Delta W_{\text{нагТ}}$ не велики (при слабой загрузки сети), а потери х. х. $\Delta W_{\text{хТ}}$ в расчётах зависят от числа часов работы фидера T и от напряжений узлов сети U , которые из-за малой нагрузки трансформаторов (см. рис. 2, б) изменяются незначительно.

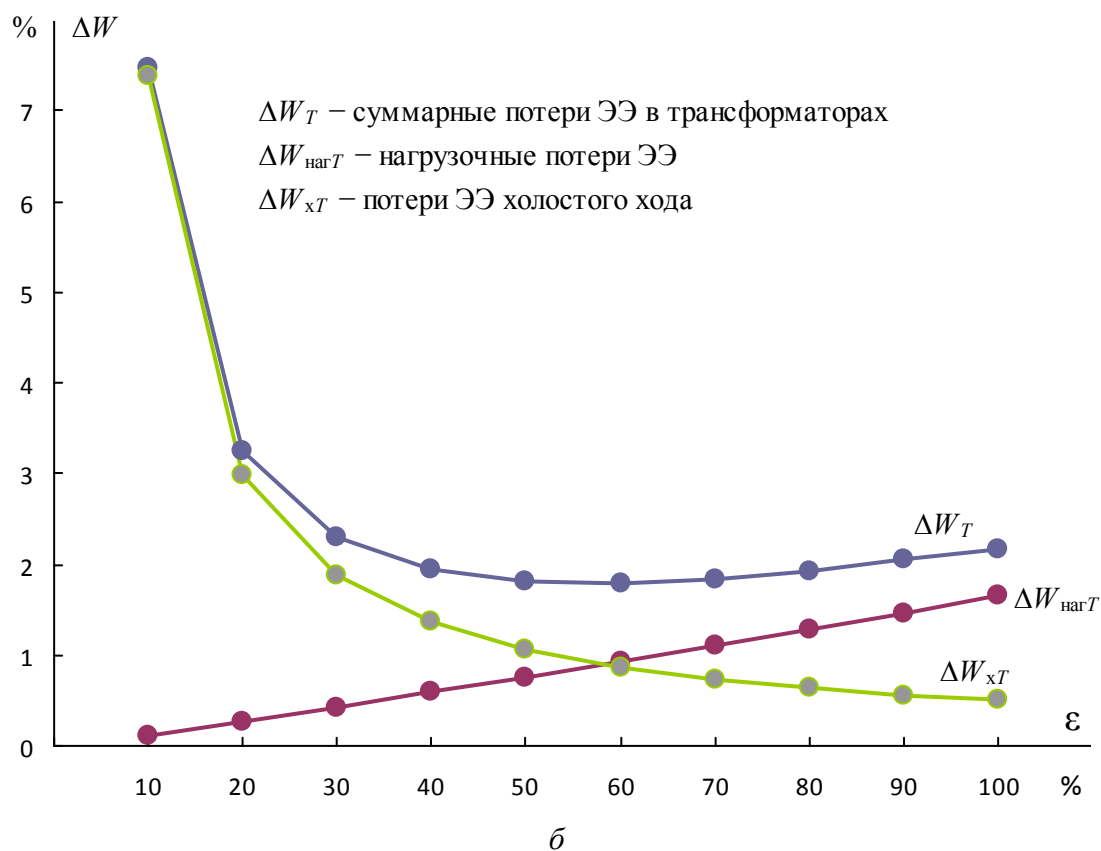
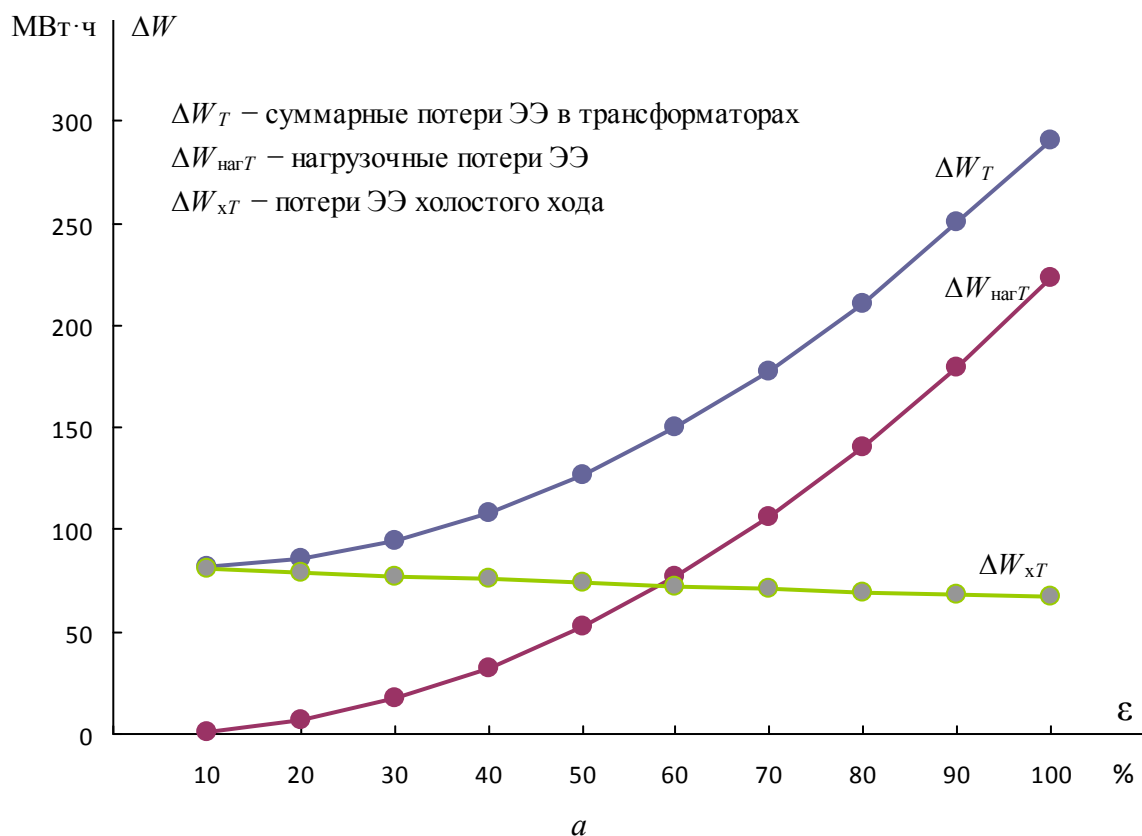


Рис. 1. Динамика изменения составляющих технических потерь ЭЭ
(а – в мегаватт-часах, б – в процентах)

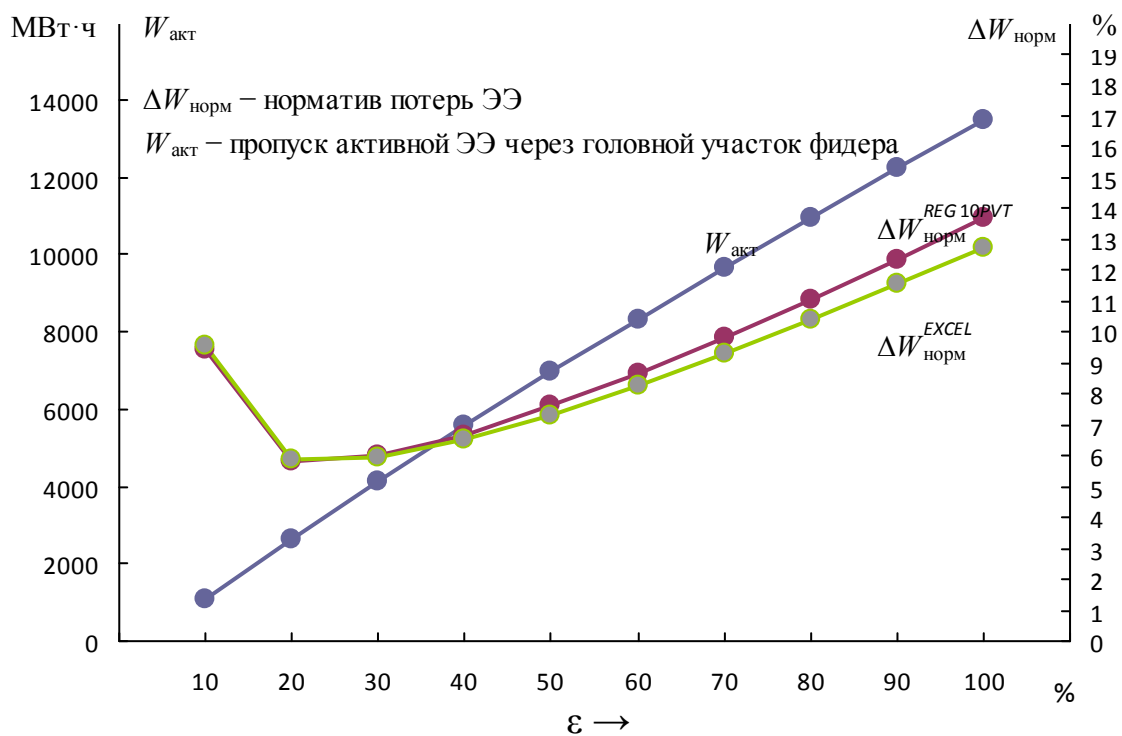


Рис. 2. Динамика изменения составляющих потерь ЭЭ в трансформаторах

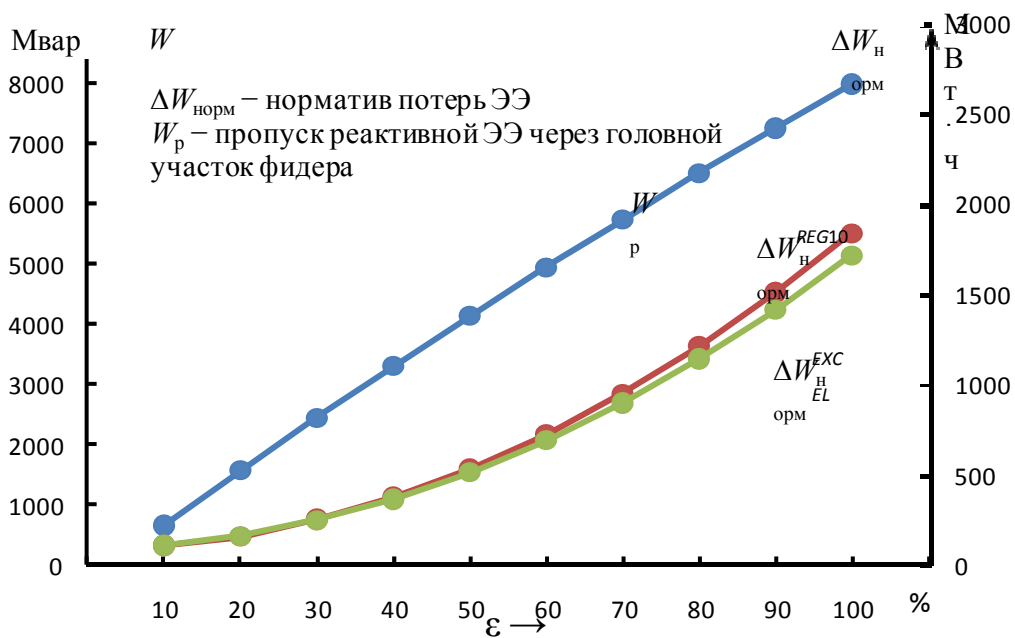


Рис. 3. Динамика изменения нормативов потерь ЭЭ

Таким образом, на повышение пропуска ЭЭ в первую очередь «реагируют» потери ЭЭ в линиях $\Delta W_{\text{л}}$.

Из рис. 3. следует, что в работе исследуется влияние погрешности программы *REG10PVT* при вычислении норматива потерь ЭЭ. По уточненной оценке норматива потерь ЭЭ $\Delta W_{\text{норм}}^{\text{EXCEL}}$ эта величина практически неизменна, как в именованных единицах, так и в процентном соотношении при слабой загрузки сети.

Как отмечалось ранее, определяющая составляющая значения норматива потерь ЭЭ – это суммарные технические потери ЭЭ. Поэтому к динамике изменения норматива потерь применимы те же принципы, что и для изменения суммарных технических потерь $\Delta W_{\text{техн}}^{\text{расч}}$. То есть, в именованных единицах норматив потерь ЭЭ изменяется в соответствии с пропуском электроэнергии (за счёт потерь в линиях $\Delta W_{\text{л}}$).

Выводы: показана динамика влияния изменения загрузки фидеров 10 кВ на расчёт, анализ и нормирование потерь электроэнергии в Шарыповском РЭС ОАО Красноярскэнерго «КАТЭКэлектросеть»

УДК 621.317

ОЦЕНИВАНИЕ ПОГРЕШНОСТИ И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ В ЛАБОРАТОРНОЙ ПРАКТИКЕ

И.Н. Коваленко

Научный руководитель Т.И. Танкович

Сибирский федеральный университет

Понятие «неопределенность измерения» означает сомнение относительно достоверности результата измерения. Неопределенность и связанные с ней величины (стандартная неопределенность, расширенная неопределенность) широко используются при обработке результатов измерений, отражая отсутствие точного значения измеряемой величины.

Данная статья объясняет понятие «неопределенность» в применении к описанию результатов измерений в энергетике, ее место в системе понятий и характеристик, применяемых при описании результатов измерений и их погрешностей. Оценка неопределенности результатов измерений является серьезной ключевой проблемой на пути к компетентности и взаимному признанию результатов испытаний.

В 2006 году на международном уровне был принят новый документ «Руководство», который диктует условия проведения измерений и устано-

вивший новые правила сличения государственных эталонов. Понятие «погрешность» стало устаревать, вместо него было введено понятие «неопределенность измерений» (Международный стандарт ИСО/МЭК 17025).

Методы вычисления неопределенности, так же как и методы оценивания характеристик погрешности, базируются на основных понятиях классической метрологии, математической статистики и теории ошибок, к ним относятся: истинное значение измеряемой величины, точность измерения, абсолютная и относительная погрешности, доверительный интервал и т.д.

Новый подход, принятый в «Руководстве», исходит из разделения составляющих неопределенности на два типа: А и В – являются неэквивалентными случайными и систематическими погрешностями.

Неопределенности типа А могут быть оценены статистическими методами на основе многократных измерений. Они описываются привычными характеристиками случайных величин – дисперсией или средним квадратичным отклонением (СКО).

Неопределенности типа В могут быть оценены любыми другими методами, кроме статистических. Они должны описываться величинами, аналогичными дисперсии или СКО, так как именно эти характеристики можно использовать для объединения неопределенностей обоих типов.

В руководящих документах предлагается применять для сопоставления оценок характеристик неопределенностей и погрешностей результатов измерений следующую схему соответствия (рис. 1). Наличие таких схем позволяет легко выражать результат измерения в терминах погрешности или неопределенности измерения, не отвергая при этом ни того ни другого подхода.

Однако в общем случае не существует однозначного соответствия между случайными погрешностями и неопределенностями, вычисленными по типу А (также неисключенными систематическими погрешностями и неопределенностями, вычисленными по типу В).

Практически везде погрешности делятся на систематические и случайные, что обусловлено природой их возникновения и проявления в ходе измерительного эксперимента, а деление на неопределенности, вычисляемые по типу А и по типу В, – методами их расчета.

Сложность и объем вычислений, возникающих в практических задачах оценивания неопределенности измерений, требуют значительных ресурсов времени и труда. Тем более, если математическая модель измерения достаточно сложная и громоздкая, то производные (коэффициенты чувствительности) тоже приходится считать численно. Возможно, также сама математическая модель измерения не имеет точного аналитического представления, что делает практически невозможным оценивание неопределенности «вручную». Поэтому была разработана программа вычисления

оценки неопределенности измерений. Входными данными для работы программы являются формула математической модели измерения, характеристики источников (составляющих) неопределенности и их коэффициенты корреляции в соответствии с моделью. Характеристики прежде всего включают в себя тип оценивания неопределенности – по типу А или по типу В. Если выбирается тип А, то необходимо ввести экспериментальные данные, которые должны быть обработаны статистически. Если выбирается тип В, то задается предполагаемый (априорный) закон распределения вероятности с соответствующими параметрами. В случае, когда какие-то источники неопределенности считаются коррелированными, необходимо указать коэффициент их корреляции. Также задается желаемый уровень доверия и тип вычисления коэффициента покрытия для оценки расширенной неопределенности.

Таблица 1. Соответствие обработки результатов измерений с использованием погрешности и неопределенности измерений

Характеристика	Описание результатов измерений с использованием:	
	Погрешности	Неопределенности
Результат измерения	Среднее значение $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N}$	Среднее значение $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N}$
Разброс результатов измерений	Стандартное отклонение результатов измерений $s_r = +\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N-1}}$	Стандартная неопределенность $u(X) = +\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N-1}}$
Разброс, характеризующий все виды ошибок	Стандартное отклонение полной (суммарной) погрешности $s_{сумм} = +\sqrt{s_r^2 + \frac{\Delta^2}{3}}$	Суммарная стандартная неопределенность $u_c(X) = +\sqrt{u^2(X) + u^2(\delta) + \sum_{j=1}^J c_j^2 u^2(z_j)}$
Интервал нахождения измеряемой величины при однократном измерении.	Доверительный интервал $\{\bar{X} \pm ks_{сумм}\}$	Среднее значение ± расширенная неопределенность $\{\bar{X} \pm U\} = \{\bar{X} \pm ku_c(X)\}$

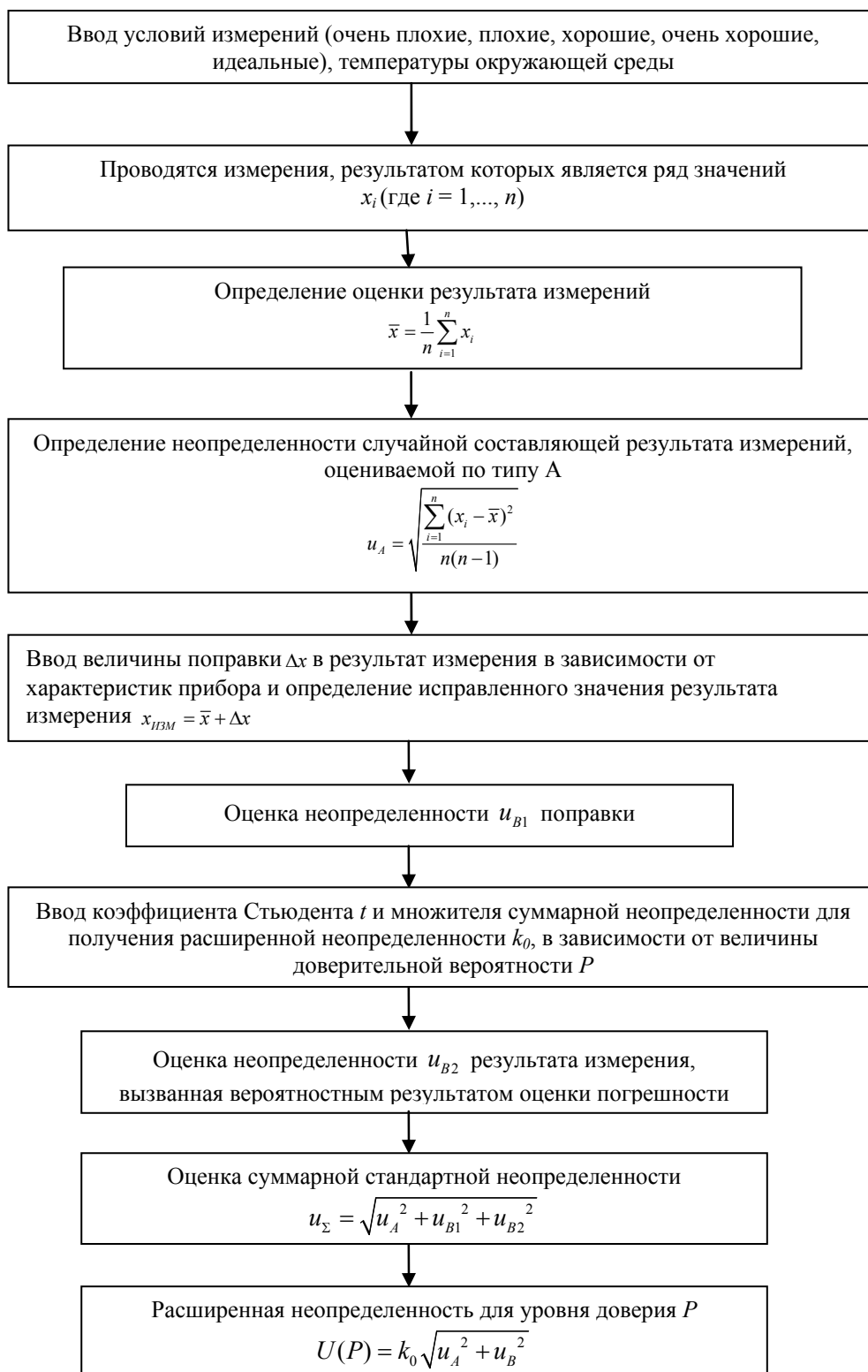


Рис. 1. Алгоритм программы оценки неопределенности

Учитывая приведенный выше алгоритм при оценивании характеристик погрешности и неопределенностей результатов измерений можно воспользоваться схемой, приведенной в таблице 2.

Таблица 2. Схема расчета неопределенностей

СКО, характеризующее случайную погрешность	Стандартная неопределенность, вычисленная по типу А – путем статистического анализа результатов многократных измерений $U_A(x_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}.$
СКО, характеризующее неисключенную систематическую погрешность	Стандартная неопределенность, вычисленная по типу В $U_{B,i} = \frac{b_{i+} - b_{i-}}{2\sqrt{3}}$ для симметричных границ $U_{B,i} = \frac{b_i}{\sqrt{3}}$
СКО, характеризующее суммарную погрешность	Суммарная стандартная неопределенность $U_C = \sqrt{U_A^2 + U_B^2}$
Доверительные границы погрешности	Расширенная неопределенность $U_P = t_P \cdot U_C$

Расчеты подтверждают, что различия оценок из-за неполного соответствия некоторых алгоритмов расчета и коэффициентов не превышают 11 % , что для рядовых измерений можно считать пренебрежимо малым расхождением.

Список литература

1. Руководство по выражению неопределенности измерения. Первая редакция ИСО 1993 г. Перевод и публикация ГП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева». Санкт-Петербург, 1999.
2. РМГ 29-99 ГСОЕИ. Метрология. Основные термины и определения.
3. РМГ 43-2001 ГСОЕИ. Применение «Руководства по выражению неопределенности измерений».
4. Дойников А.С. Соотношение понятий «погрешность» и «неопределенность» // Законодательная и прикладная метрология. – М., 2002. № 5.

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ ЗАЩИТ ЛИНИЙ ТИПА ШДЭ 2801 И ПДЭ 2802

Д.Л. Маркевич

Научный руководитель Ю.А. Ершов

Сибирский федеральный университет

Микропроцессорные устройства релейной защиты в настоящее время получили значительное развитие и продолжают совершенствоваться. Они обладают большей надежностью и совершенством конструкции по сравнению с защитами прошлых поколений. Но с повсеместным их внедрением связаны некоторые трудности, основной из которых является экономический аспект, связанный с дороговизной полной замены старых защит на новые, также присутствуют проблемы электромагнитной совместимости и нецелесообразности, связанные с тем, что уже стоящие устройства вполне справляются со своими обязанностями. Все эти факторы приводят к тому, что новые устройства внедряются на важных или только строящихся объектах. В большинстве же мест продолжают использоваться микроэлектронные защиты предыдущего поколения. Такими устройствами в сфере защиты линий электропередач являются ШДЭ 2801 и ПДЭ 2802.

По данным причинам эти устройства актуальны в настоящее время, а значит, актуальна и проблема их изучения, приобретения больших навыков работы с ними.

Данное исследование проводится на основе программы Sprav_RZA, которая является удобным и многофункциональным инструментом в области проектирования релейной защиты, позволяет проводить небольшие расчеты самих защит и вспомогательных устройств, например соответствие 10 % погрешности трансформатора тока, а также содержит справочники по возможно востребованному оборудованию.

Цель исследования – изучить программу Sprav_RZA, её возможности и способы работы с ними, и главное, дополнить и усовершенствовать изучением принципов действия измерительных органов, логической части, исполнительных органов, расчетом устройств защиты линий типа ШДЭ 2801 и ПДЭ 2802 и анализом их поведения при коротких замыканиях.

Первой частью исследования является многовариантная виртуальная лабораторная работа. Она разделена на две части (для ШДЭ и ПДЭ). В начале работы требуется осуществить выбор одного из представленных вариантов. Процесс выполнения лабораторной работы можно разделить на следующие этапы:

1. *Выбор задания.* Выбирается одна из трех линий на принципиальной схеме района электрической сети. Дополнительно выбирается вариант

параметров схемы замещения из 10 возможных, это позволяет еще увеличить количество возможных вариантов выполнения. Далее выбираем тип основных и резервных применяемых защит на основании расчетов режимов коротких замыканий.

2. *Расчет параметров схемы и уставок выбранных защит.* После определения с вариантом работы осуществляется расчет параметров схемы с учетом выбранных исходных данных. Когда все параметры рассчитаны, переходим непосредственно к расчету выбранного элемента защиты, для этого в лабораторной работе представлены алгоритмы расчетов, включающих в себя пояснения, а также объяснения способов выставления уставок.

3. *Выставление уставок на основе программы Sprav_RZA.* После того как будут проведены все расчеты, осуществляется переход непосредственно к исследованию устройств защит при помощи программы Sprav_RZA, для этого в лабораторной представлен подробный алгоритм, в котором объясняется весь процесс работы.

Уставки в программе выставляются путем последовательного перехода между вкладками и выбора соответствующих блоков или непосредственного цифрового набора величин. Определение некоторых значений автоматизировано, например часть коэффициентов и вторичных величин, и позволяет также наблюдать логику выбора уставок на реальной защите. Рассмотрим содержимое этих вкладок:

- Для защиты типа ШДЭ – *Общие данные* (включает введение расчетных токов КЗ, трансформаторов тока и напряжения, устройств АПВ, возможности задание имени для защищаемой линии и подстанции, к которой принадлежит защита), *ДЗ режим* (выбор режима работы дистанционной защиты), *ДЗ уставки* (выбор и выставление уставок дистанционной защиты), *МТЗНП режим* (режим работы максимальной токовой защиты нулевой последовательности), *МТЗНМ уставки* (выбор и выставление уставок максимальной токовой защиты нулевой последовательности), *ТЗ и УРОВ* (выбор уставок токовой защиты и УРОВ), РМ (настройка реле направление мощности), *РК МТЗНП и РК ДЗ* (соответственно резервные комплекты максимальной токовой защиты нулевой последовательности и дистанционной защиты, только для ШДЭ 2802).

- Для защиты типа ПДЭ – *Данные* (введение рассчитанных токов КЗ, трансформаторов напряжения и тока, типа защищаемой линии, наименование её и подстанции, на которой установлена защита), *Реле I_2* (выставление уставок на реле тока обратной последовательности), *Реле U_2* (выставление уставок на реле напряжения обратной последовательности), *$Z_{\text{блок}}$* (уставки блокирующего органа сопротивления), *$Z_{\text{откл}}$ и $Z_{\text{доп}}$* (уставки отключающего и дополнительного реле сопротивления), *Пуск. реле I_{2m}* (уставки пускового реле тока обратной последовательности с торможением), *Откл. реле I_{2m} и I_0* (уставки отключающего реле тока обратной последова-

тельности с торможением и реле тока нулевой последовательности), *Режим* (режимы работы защиты).

4. *Формирование отчета по результатам выполнения программы.* По результатам формируется отчет, содержащий в виде данных и таблиц выбранные в процессе её использования параметры и уставки устройств защит. Данный отчет может быть сохранен в любом удобном месте в виде файла программы *MS Word* и затем доступен для изучения или постобработки.

5. *Анализ работы схем защит.* После этого проводится анализ работы схем при коротких замыканиях. В зависимости от места замыкания прослеживается поступление сигналов на входы защиты, их путь в логике защиты и работа всех внутренних микроэлектронных элементов в зависимости от выбранных параметров и значений уставок, на какие органы они впоследствии воздействуют и каков результат этого воздействия.

Второй частью данного исследования является вспомогательное методическое пособие, которое содержит сведения о изучаемых устройствах, местах их применения, особенности конструкции. Производится более подробное рассмотрение всех входящих в них элементов. Здесь также представлены схемы этих элементов, исследование которых позволяет лучше понять внутреннее устройство защит. На основе этих схем рассматривается логика работы каждого устройства. Помимо этого сюда же включено изучение внешнего вида устройств, местонахождение элементов управления, их функциональное предназначение. Пособие разделено для ШДЭ и ПДЭ и представлено в электронном виде, удобном для навигации при работе на персональном компьютере.

Разработанное компьютерное проектирование позволяет создать виртуальные лабораторные работы для исследования микроэлектронных защит.

УДК 621.31

ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ПОТЕНЦИАЛ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ КРАСНОЯРСКА

Е.А. Морохотова, В.В. Минаев
Научный руководитель Е.Ю. Сизганова
Сибирский федеральный университет

Эффективность процесса энергосбережения в образовательных учреждениях г. Красноярск по результатам моделирования может быть оце-

нена сопоставлением двух интегральных показателей, один из которых характеризует получаемый положительный эффект, а второй – затраты.

Положительный эффект, получаемый от внедрения методологии оптимального управления электропотреблением, оценивается интегральным показателем вида:

$$IP_w = \frac{\int_0^{\infty} W_1(r)dr - \int_0^{\infty} W_2(r)dr}{\int_0^{\infty} W_1(r)dr}, \quad (1)$$

где $W_1(r)$ – ранговое параметрическое распределение образовательных учреждений по электропотреблению, построенное в результате имитационного моделирования, при условии отсутствия управляющего воздействия, направленного на энергосбережение; $W_2(r)$ – ранговое параметрическое распределение образовательных учреждений по электропотреблению, полученное при наличии управляющего воздействия.

Затраты на внедрение методологии оптимального управления электропотреблением также оцениваются интегральным показателем техноценологического типа:

$$IP_z = 1 + \frac{\int_0^{\infty} Z_2(r)dr}{\int_0^{\infty} Z_1(r)dr}, \quad (2)$$

где $Z_2(r)$ – ранговое параметрическое распределение образовательных учреждений по затратам на внедрение энергосберегающих технологий, построенное по результатам моделирования; $Z_1(r)$ – ранговое параметрическое распределение образовательных учреждений по затратам на оплату за потребленную электроэнергию применительно к варианту без управляющих воздействий.

Критерием эффективности техноценологического типа здесь является максимизация интегрального показателя эффективности:

$$IP = \frac{IP_w}{IP_z} \xrightarrow{k \in [1, n]} \max, \quad (3)$$

при выполнении ограничений:

$$W(r_k) - \frac{\{\Phi(p_{\delta})\}^{-1}[\sigma_k]}{2} \leq w_k \leq W(r_k) + \frac{\{\Phi(p_{\delta})\}^{-1}[\sigma_k]}{2}, \quad (4)$$

где

$$\{\Phi(x)\}^{-1} = \left\{ \frac{1}{2\pi} \int_0^{x/2} e^{-\frac{y^2}{2}} dy \right\}^{-1} - \text{обратная функция Лапласа, задающая ниж-}$$

нюю и верхнюю границы доверительного интервала; n – общее количество образовательных учреждений; W_k – эмпирическое значение электропотребления k -го образовательного учреждения, получаемое по результатам имитационного моделирования; $W(r_k)$ – электропотребление, соответствующее рангу k -ого образовательного учреждения на кривой $W(r)$; p_δ – априорно принимаемая 95%-ная доверительная вероятность; $[\sigma_k]$ – эмпирический стандарт распределения $W(r)$ в кластере k -ого образовательного учреждения.

Для реализации гауссового разброса параметров в пределах кластера доверительная вероятность p_δ принимается равной 0,95. Эмпирический стандарт $[\sigma_k]$ рассчитывается по результатам процедур интервального оценивания и кластер-анализа [7,8].

Формально интегральный показатель IP_w исчисляется в диапазоне $[0,1]$, левая граница которого соответствует полному отсутствию управляющих энергосберегающих процедур, а правая – «абсолютному энергосбережению», сводящему электропотребление к нулю. В свою очередь, интегральный показатель IP_z исчисляется в диапазоне $[1, \infty)$. Левая граница показателя соответствует состоянию с нулевыми затратами на выполнение мероприятий по энергосбережению, правая – бесконечным затратам. Очевидно, что при этом интегральный показатель эффективности IP находится в пределах $[0,1]$, формально приобретая свое критериальное значение при строгом выполнении равенства: $IP = 1$. Реально критериальное значение показателя IP должно определяться с учетом минимальных технологических потребностей образовательных учреждений в электроэнергии, соответствующих нижней границе переменного доверительного интервала (левая часть неравенства (4)).

В общем случае неравенство (4) определяет необходимость реализации процесса электропотребления во всех образовательных учреждениях Красноярска в границах гауссового переменного доверительного интервала, определяемого в ходе интервального оценивания. При этом не допускается снижение электропотребления объектов ниже значения, определяющего минимальные технологические потребности, которые задаются нижней границей переменного доверительного интервала. Оба условия (4)

должны конъюнктивно выполняться на всей области определения рангового параметрического распределения ($k \in [1, n]$).

Оптимизация процесса электропотребления должна осуществляться одновременно на двух системных уровнях: *первый уровень* предполагает внедрение эффективных решений, направленных на энергосбережение в рамках конкретных технологических процессов (технические мероприятия); *второй уровень* – управление инфраструктурой образовательных учреждений Красноярска организационными методами с целью снижения электропотребления до минимального уровня, обеспечивающего нормальное функционирование образовательных учреждений.

По результатам моделирования и двухуровневой оптимизации процесса электропотребления можно определить такой важный прогнозный параметр, как потенциал энергосбережения образовательных учреждений Красноярска (рис. 1).

Числитель критериального выражения (1), вычисленный по результатам оптимизационного процесса, может рассматриваться как потенциал энергосбережения образовательных учреждений Красноярска:

$$\Delta W_t = \int_0^{\infty} W_1(r)dr - \int_0^{\infty} W_2(r)dr, \quad (5)$$

при выполнении ограничений:

$$\begin{cases} IP = \frac{IP_w}{IP_z} \xrightarrow{k \in [1, n]} \max; \\ W(r_k) - \frac{\{\Phi(p_\delta)\}^{-1}[\sigma_k]}{2} \leq w_k \leq W(r_k) + \frac{\{\Phi(p_\delta)\}^{-1}[\sigma_k]}{2}, \end{cases} \quad (6)$$

где ΔW_t – потенциал энергосбережения тяговой подстанции (кВт·ч) на глубину времени t .

Под потенциалом энергосбережения понимается полученная в результате моделирования на расчетную глубину времени абсолютная разница (в кВт·ч) между электропотреблением образовательных учреждений без реализации энергосберегающих мероприятий и процедур, с одной стороны, и электропотреблением, полученным в результате внедрения методологии оптимального управления электропотреблением на системном уровне с реализацией комплекса технических и технологических мероприятий, с другой стороны.

Реализация разработанной динамической модели электропотребления осуществляется с помощью информационно-аналитического комплекса.

Оценка эффективности методологии оптимального управления электропотреблением, а также потенциала энергосбережения образовательных учреждений Красноярска осложняется необходимостью осуществления практической внедренческой работы, растягивающейся на несколько лет. А ответ, как правило, необходимо иметь еще до принятия решения о внедрении методологии. Для решения этой задачи используется программа, позволяющая моделировать процесс реализации методики на период до 5-7 лет и более. В основу здесь положен алгоритм имитационного моделирования с динамическими обратными связями [2]. Собственно оценка эффективности и потенциала энергосбережения образовательных учреждений выполняется по критериальным выражениям, основанным на законе оптимального построения техноценозов [2].

При реализации программы применительно к дошкольным образовательным учреждениям Свердловского района г. Красноярска для упрощения расчетов сделано допущение, что каждое образовательное учреждение в будущем будет потреблять электроэнергию по прогнозируемой стохастической норме с учетом гауссового разброса параметров внутри доверительного интервала соответствующего кластера техноценоза [8].

Первоначально с использованием модифицированных программ прогнозирования, интервального оценивания и нормирования осуществляется кластерный анализ и интерполяция норм электропотребления объектов техноценоза на моделируемый единичный временной интервал (месяц) [2,5,6,7,8].

Ввиду недостаточной исследованности ряда динамических параметров, описывающих процесс электропотребления ДООУ Свердловского района г.Красноярска, в данной программе приняты два допущения [1-4]:

1. При отсутствии в системе управления электропотреблением ДООУ стимулирующих воздействий, направленных на энергосбережение, в качестве математического ожидания и стандарта принимаются соответствующие параметры нормы, вычисленной для кластера. В противном случае математическое ожидание уменьшается в k_1 раз, а стандарт – в k_2 раза.

2. Все результаты электропотребления, превышающие норму, заменяются ее максимальным значением для данного ДООУ. В случае же если электропотребление объекта при моделировании окажется меньше нижней границы нормы, то в качестве электропотребления ТП принимается минимальное значение нормы.

Полученные моделируемые результаты электропотребления ДООУ Свердловского района в будущем месяце при отсутствии мероприятий по энергосбережению,

$$D^T =$$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	33	154	160	60	258	265	172	182	51	280	48	45	102	90	23	94	26	202

моделируемые результаты электропотребления ДООУ Свердловского района в будущем месяце в условиях проведения мероприятий по энергосбережению

D1^T =

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	29	147	148	59	258	246	153	158	21	239	40	36	73	66	30	78	23	165

Созданная в MathCad программа позволяет моделировать процесс электропотребления образовательных учреждений на один временной интервал (в данном случае месяц) вперед.

Как показало моделирование (рис. 1), потенциал энергосбережения дошкольных образовательных учреждений Свердловского района г. Красноярска в 2010 году составил ΔW=276 тыс. кВт·ч, что соответствует 618,240 тыс. руб.

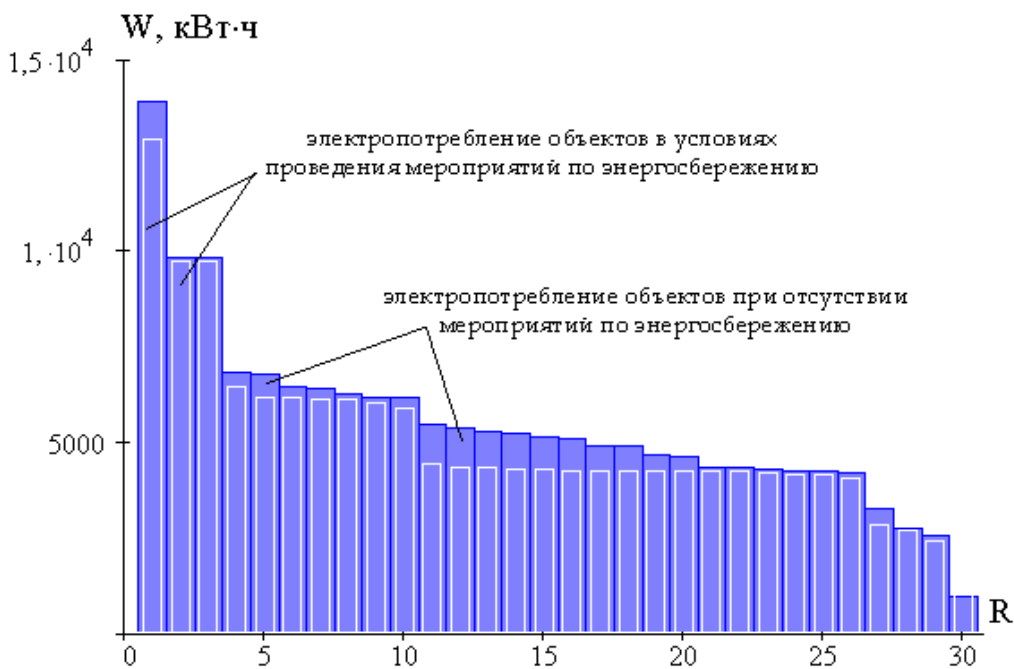


Рис. 1. Сравнение электропотребления образовательных учреждений (на примере ДООУ Свердловского района г. Красноярска) к исходу цикла моделирования для двух вариантов

Внедрение методологии оптимального управления электропотреблением с учетом критерия (3) позволит сэкономить в ближайшие пять лет до 1.38 × 10³ тыс. кВт·ч (3091,2 тыс. руб.) за счет организационных и технических мероприятий с быстрым сроком окупаемости. Немаловажным резервом является также оптимизация собственно процесса углубленных энергетических обследований (энергоаудита), проводимых на аномальных объектах техноценоза после соответствующих процедур интервального оценивания.

О ПРИМЕНЕНИИ СВОБОДНОПОТОЧНЫХ МИКРОГЭС ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УДАЛЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Ю.А. Моисеева, Т.Г. Осипенко
Научный руководитель Л.С. Синенко
Сибирский федеральный университет

В соответствии с планом ГОЭЛРО предусматривалось сооружение электростанций суммарной мощностью 1750 МВт. В настоящее время потребление одного алюминиевого завода составляет около 15000 ГВтч и в стране свыше 100 предприятий, имеющих установленную мощность электроприемников, превосходящую мощность по плану ГОЭЛРО. Но основные проблемы порождают не крупные, а средние и мелкие объекты промышленности (их свыше 50 тыс.), транспорта, сельского хозяйства, административно-бытового сектора, которых абсолютное большинство.

Если обратиться к реальной жизни на большей части территории России, то фактическая картина результатов электрификации и ее анализ говорят о незавершенности “...электрификации всей страны”. И речь идет не только о поселениях, где электричества не было и нет, но и о других – в Центре, на Северо-Западе, Урале, в Сибири, питающихся по одной ЛЭП и отключаемых планово и аварийно, в результате чего каждодневные отклонения напряжения и другие нарушения ПУЭ и ГОСТ не дают возможности эксплуатировать современную технику и вести товарное сельское хозяйство. Отсутствие электроэнергии в «глубинке» делает ее безлюдной – это территория без будущего, а без электрифицированного освоения территории нет будущего и у всей России. Системные ЛЭП 110-220 кВ, действующие и создаваемые Федеральной сетевой компанией, не обеспечивают полной электрификации из-за проблем трансформации и распределения (рядом с поселком проходит ЛЭП-110,220 кВ, в котором нет электроэнергии или имеется дизельная электростанция, для которой топливо завозится по бездорожью или воздушным транспортом).

В практическом плане требования потребителя у нас не стали приоритетными, ухудшены характеристические показатели гиперболического Н-распределения (рис. 1), т.е. мы ушли от оптимального пути развития отечественной электроэнергетики. Ошибочна была ликвидация миллионов мельниц при раскулачивании, 6600 сельских и поселковых электростанций в 50-60-е годы XX в. Поэтому сегодня ни сам план

ГОЭЛРО, ни его трансформация (второй план ГОЭЛРО, разработанный по Постановлению ЦК ВКП(б) от 25.01.1931) не могут быть основой для выработки государственного плана рыночной электрификации. Такой план должен основываться на законе информационного отбора, на выстраивании ценологического соотношения крупное – мелкое, что только и позволит электрифицировать всю Россию. Как видно из рис.2, в Красноярской энергосистеме нарушен закон рангового Н-распределения – существуют очень крупные электростанции, т.е. имеется только «Ноева каста». Развитие фермерских хозяйств, дачного строительства, геологоразведки, охотничьих факторий в условиях резкого удорожания строительства линий электропередач и тарифов на электроэнергию требует нового подхода к проблемам электрификации и электроснабжения различных, главным образом маломощных, потребителей. Чтобы полностью электрифицировать все удаленные потребители, необходимы средние и малые электростанции.

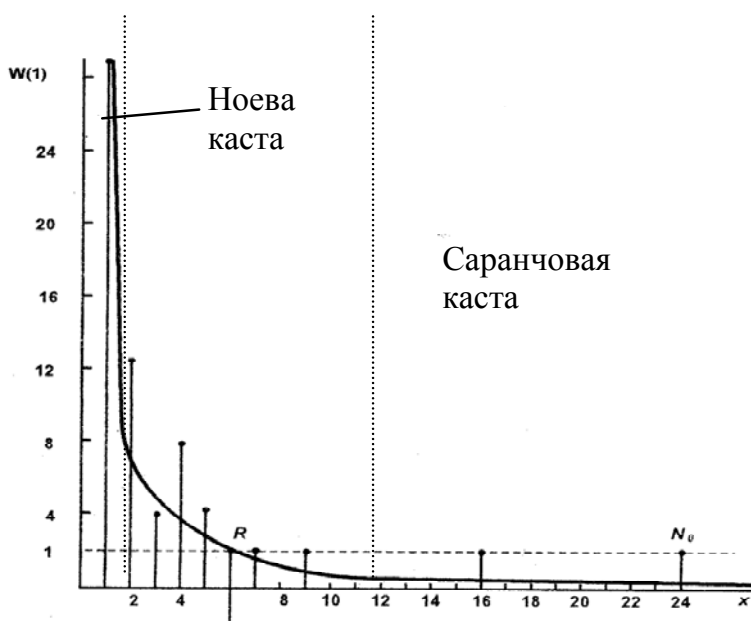


Рис. 1. Модель Н-распределения

В условиях Сибири большое количество малых рек с необходимым запасом гидроресурсов позволяет достаточно экономично решить проблему электроснабжения маломощных потребителей.

Достоинствами применения гидроэнергии являются: постоянство скорости водотока в течение времени года, отсутствие периодов затишья, и, следовательно, отсутствие необходимости аккумулирования электроэнергии, что также снижает стоимость установки.

Выбор оптимальной конструкции малой гидроэлектростанции является комплексной задачей, включающей в себя выбор расчетных парамет-

ров водотока и мощности одного модуля, конструкции турбины и генератора, компоновки всей электростанции. Применение поплавковых микроГЭС обходится дешевле, сама конструкция существенно проще. Недостатком ее является сезонность работы, требование отсутствия на реке лесосплава. Погружные микроГЭС могут работать круглый год, но стоимость их выше, установка дороже, их невозможно применять на реках с глубиной менее 1,5 м.

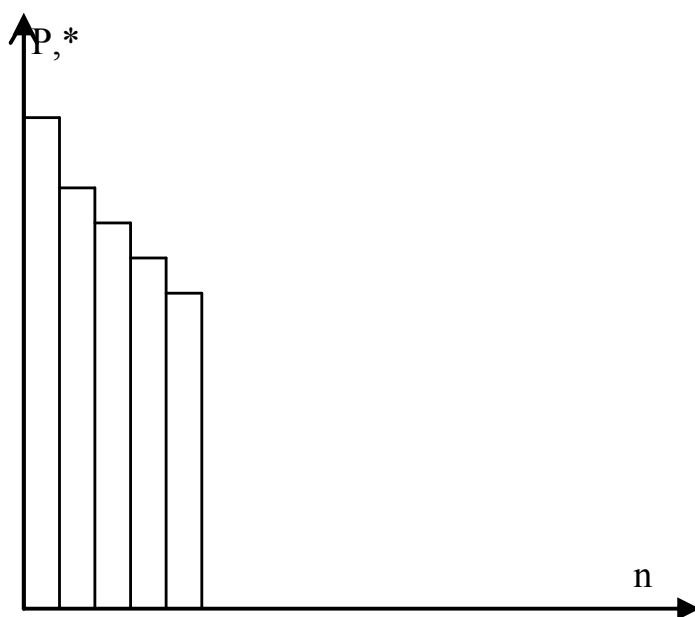


Рис. 2. Кривая распределения источников электрической энергии Красноярской энергосистемы

В качестве гидродвигателей, преобразующих энергию потока воды в механическую энергию, используют все виды турбин: поворотно-лопастные, радиально-осевые, ковшовые, капсульные и т.д. Для деривационных микроГЭС с низким напором применяют турбины пропеллерного типа, а также насосы в турбинном режиме, отличающиеся простотой и низкой стоимостью.

Анализ скорости течения, глубины и ширины некоторых рек Сибирского региона показал, что на них возможна установка наплавных свободно-поточных микроГЭС мощностью до 50 кВт в модуле, на притоках этих рек возможна установка прибрежных консольных гидроэнергетических установок мощностью до 10-15 кВт. Свободнопоточные микроГЭС не требуют больших затрат на проектно-изыскательские работы, строительство плотины; за счет этого стоимость их почти в два раза ниже стоимости деривационных микроГЭС.

АВТОНОМНАЯ СОЛНЕЧНО-ДИЗЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

С.А. Пуртов

Научный руководитель А.В. Бобров

Сибирский федеральный университет

Одним из основных факторов, определяющих уровень развития общества, является его энерговооруженность. Потребность человечества в электрической энергии удваивается каждые 10-15 лет.

Современная энергетика в России носит централизованный характер и более чем на 90 % базируется на использовании органического топлива на основе природных горючих ископаемых: нефти, газа, угля (и продуктов их переработки), запасы которых на планете ограничены. Это определяет, с одной стороны, необходимость энергосбережения и разработку высокоэффективных методов добычи и переработки всех доступных ископаемых видов топлива, а с другой – поиск новых источников энергии. В настоящее время современная энергетика обращает все больше внимания на возобновляемые источники энергии, которые в перспективе могут стать основными видами энергетических ресурсов.

К возобновляемым источникам энергии относятся: солнечная энергия, прямое преобразование в электрическую энергию (фотоэлектричество), преобразование в электроэнергию (термодинамический цикл) – электрические станции, преобразование в тепловую энергию – солнечные коллекторы; ветровая энергия, производство электрической энергии – ветроэлектрические установки, производство механической энергии – водоподъемные ветроустановки; энергия рек и водоемов, производство электрической энергии; геотермальная энергия, производство электрической и тепловой энергии, а также прямое использование горячей воды; приливная энергия, производство электрической энергии – приливные электростанции; низкопотенциальное топливо, производство тепловой энергии – тепловые насосы; биомасса, производство электрической и тепловой энергии.

Источником энергии солнечного излучения служит термоядерная реакция на Солнце. Основная часть этой энергии испускается в виде электромагнитного излучения в диапазоне 0,2–3 мкм. Интенсивность солнечного излучения в свободном пространстве на расстоянии, равном среднему расстоянию между Землей и Солнцем, называется солнечной радиацией. Ее величина равна 1353 Вт/м².

При прохождении через атмосферу солнечный свет ослабляется, в основном из-за поглощения инфракрасного излучения парами воды, ульт-

рафиолетового излучения – озоном и рассеяния излучения молекулами газов и находящимися в воздухе частицами пыли и аэрозолями. Как только Солнце начинает склоняться к горизонту, путь его лучей сквозь атмосферу значительно увеличивается, соответственно, возрастает рассеивание солнечной энергии в атмосфере. Однако и в средней полосе в летний полдень на каждый квадратный метр, ориентированный перпендикулярно солнечным лучам, приходится более 1 кВт солнечной энергии. Солнечную энергию удобно использовать при разработке систем автономного электроснабжения загородных домов и приусадебных участков.

Для двухэтажного загородного дома предлагается проект автономной солнечно-дизельной системы электроснабжения (АСДСЭС), состоящей из солнечных батарей, дизельного генератора, аккумуляторной батареи, инвертора и коммутационной аппаратуры. В качестве потребителей используются осветительные приборы, холодильник, компьютер, стиральная машинка, электроплита (4 электроконфорки разной мощности и жарочный шкаф), электрочайник.

Суточный график нагрузки (рис. 1) содержит два пика потребления электроэнергии в течение суток: утренний и вечерний. Согласно проведенным исследованиям, утренний пик обусловлен работой одной из конфорок электроплиты, электрочайника, холодильника и осветительной нагрузкой. Вечерний пик характеризуется работой компьютера, электрочайника, двух конфорок электроплиты, холодильника и осветительной нагрузкой.

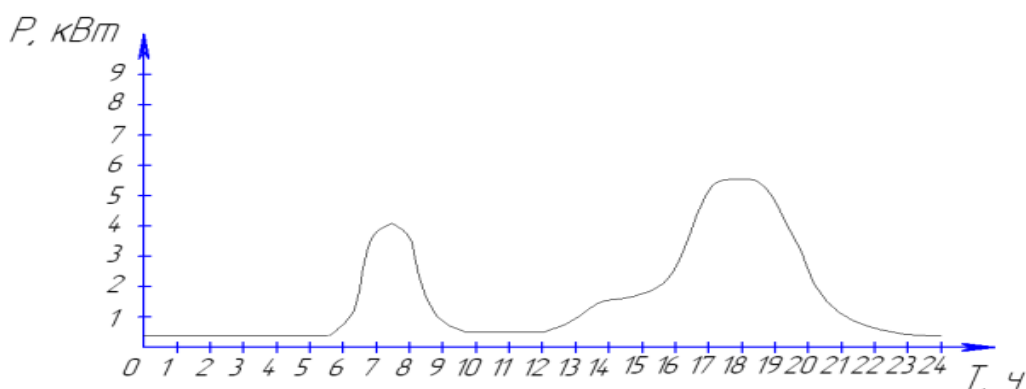


Рис. 1. Характер нагрузки

Работоспособность солнечных батарей зависит от местных климатических условий, времени года и суток. Однако, солнечные батареи, которые устанавливаются на крышах домов, могут работать не только днем, но и во время низкого солнцестояния и в пасмурную погоду. Ни ветер, ни низкая температура воздуха – не помеха сбору энергии. Но все равно солнечный потенциал региона, где будут устанавливаться солнечные батареи, должен иметь достаточно высокую солнечную активность для обеспечения высокого КПД производительности солнечной батареи.

Исходя из топографических карт, карт рельефа местности и значения суммарной солнечной радиации выбираем место строительства загородного дома. Данный загородный участок находится в Таштыпском районе в Республике Хакасия Российской Федерации. Вблизи села Арбаты, которое расположено на правом берегу реки Абакан на равнинной местности.

Солнечный энергопотенциал данного региона является достаточным для обеспечения хорошей работоспособности солнечных батарей и их наибольшего КПД (рис. 2).

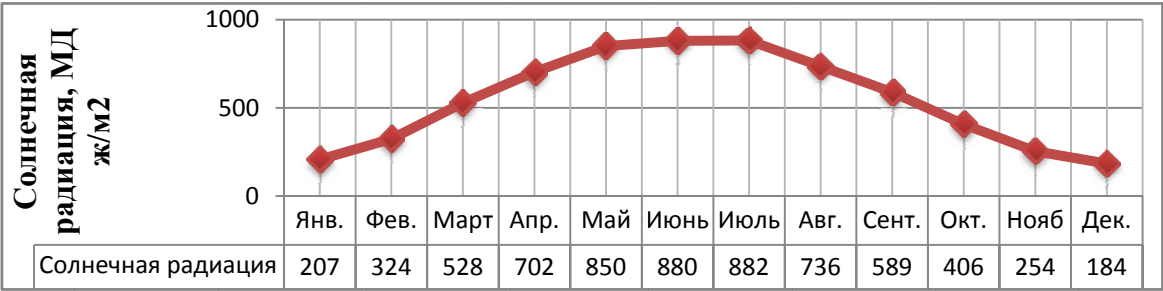


Рис. 2. Суммарная солнечная радиация на горизонтальную поверхность, МДж/м²

На основании технических характеристик, а также из соображений экономичности устанавливаем на крышу дома фотоэлектронные модули Heckert Solar PLX 210 Вт. Эти модули сделаны в Германии. КПД 15 %. Срок службы 25 лет. Имеется сертификат TUV. Все модули сертифицированы Технической Инспекцией земли Rhineland (TÜV) согласно IEC (EN) 61215, а также IEC (EN) 61730, и отвечают марке соответствия CE (Conformité Européenne).

Достижение наибольшей энергоэффективности применения солнечных батарей заключается в расположении солнечных элементов на восточном и западном склонах крыши. При таком размещении солнечных элементов наибольшая их выработка придется на утренний пик с восточной стороны крыши, на вечерний пик – с западной стороны.

Для полного покрытия графика нагрузки необходимо установить 40 элементов, по 20 на каждом склоне крыши дома (рис. 3).

Выбор дизельного генератора проводим по максимальной нагрузке. За максимальную требуемую мощность принимаем мощность электропотребления в вечернее время, которая составляет 5,69 кВт. Из соображений оптимальности технического решения, с учетом запаса мощности выбираем дизельный генератор Energo ED 9/400 Y (рис. 4).

Электроагрегаты ENERGO производятся по специальному заказу фирмы «Энергоприбор-Урал» с учётом требований российского рынка и специфических условий эксплуатации в России. Электроагрегаты укомплектованы пультом управления с ПК, обеспечивающим автоматический запуск электроагрегата и включение нагрузки при пропадании напряжения

в промышленной сети, а также отключение и останов при появлении напряжения в сети.

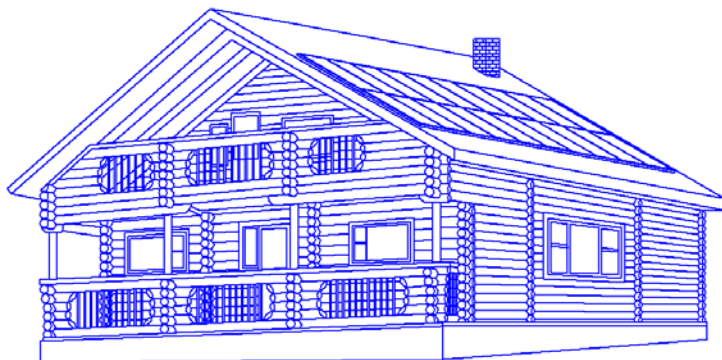


Рис. 3. Установка ФЭ модулей на крыше дома



Рис. 4. Дизельный генератор Energo ED 9/400 Y

В автономных системах электроснабжения для сохранения вырабатываемого первичным источником энергии электричества, а также для обеспечения стабильности выходного напряжения при разных режимах эксплуатации применяются аккумуляторные батареи различных типов. Напряжение на выходе СБ может изменяться в широком диапазоне. Например, СБ номинальным напряжением 12 В может иметь на выходе напряжение от 0 до 21 В. Поэтому аккумулятор, работающий в буферном режиме, просто необходим для фотоэлектрической системы. Помимо своей основной функции – хранить энергию – он выполняет также и функцию стабилизации напряжения на нагрузке.

По требуемой емкости и техническим характеристикам выбираем аккумуляторы глубокого разряда Prosolar-R RA12-55D. Аккумуляторы Prosolar-R серий D (AGM) специально предназначены для работы в автономных и резервных системах электроснабжения (рис. 5).

Инверторы служат для преобразования постоянного тока от аккумуляторов в переменный ток напряжением 220 В. Если в инвертор встроено зарядное устройство для подзаряда аккумуляторов при питании от сети, а также блок слежения за наличием и качеством напряжения в сети, то такое устройство называется блоком бесперебойного питания (БП). При пропа-

дании напряжения в сети или выходе его значения за установленные пределы ББП автоматически переключается на питание от аккумуляторов. По максимальной мощности выбираем блок бесперебойного питания Xtender XTH 8000-48 (рис. 6). Комбинированные устройства серии Xtender выполняют функции инвертора, зарядного устройства, осуществляют переключение между источниками энергии и поддержку внешнего источника переменного тока.



Рис. 5. Аккумулятор Prosolar-R RA12-55D



Рис. 6. Инвертор Xtender XTH 8000-48

Любая автономная система электроснабжения, содержащая в своем составе аккумуляторные батареи, должна содержать в себе средства контроля заряда и разряда аккумуляторов. Поэтому в систему автономного электроснабжения вводятся устройства, которые отключают нагрузку от аккумуляторных батарей, если они недопустимо разряжены, а также отключают источник энергии (фотоэлектрическую батарею), если аккумуляторы заряжены. Выберем контроллер OutBack FlexMAX – 80 MPPT (рис. 7). Применение: большие системы от 1 кВт до 6,5 кВт. Особенности: экстремальный регулятор (MPPT) – технология поиска оптимальной точки заряда позволяет значительно уменьшить потери и повысить эффективность (до 30 %).



Рис. 7. Контроллер OutBack FlexMAX- 80 MPPT

Предложенная система электроснабжения позволит обеспечить электроэнергией двухэтажный загородный дом. Применение солнечных батарей в исследуемом регионе приведет к уменьшению себестоимости производства электрической энергии и уменьшению тепловых и химических выбросов в окружающую среду.

УДК 735.29.(32)

КОМПЛЕКС МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ БОРЬБЫ С ГОЛОЛЁДОМ

М.О. Решетников

Научный руководитель В.А. Фролов

Сибирский федеральный университет

С каждым годом требования по качеству и бесперебойности электроснабжения увеличиваются, тем самым накладывая ограничения на режимы работы уже существующего электроэнергетического оборудования. Воздушные линии электропередачи, охватывающие огромные территории, являются наименее надежными элементами современной энергосистемы.

Основная часть повреждений воздушных линий – это короткие замыкания и обрывы проводов из-за атмосферных воздействий. При этом определение места повреждения и восстановление поврежденных участков линий электропередачи являются сложными, длительными и дорогостоящими технологическими операциями.

Гололедные аварии на воздушных линиях являются одними из самых тяжелых и трудноустраняемых из-за зимнего бездорожья, мерзлого грунта и разбросанности по линии одновременно пораженных участков. Гололедные аварии на воздушных линиях, как правило, имеют массовый характер и приносят большой экономический ущерб. Раннее обнаружение гололеда на проводах электролиний и своевременное его устранение путем плавки являются насущными задачами энергоснабжающих организаций.

Прошедшие в центре России осенью 2010 г. гололедные дожди только подчеркнули актуальность решения данной проблемы. Гололед упоминается в целом ряде базовых нормативных документов: Правилах устройства электроустановок, технологических нормах проектирования линий электропередач и т.д.

ПУЭ седьмого издания, пересмотр карт районирования по гололеду и силе ветра ужесточили требования к конструкциям ВЛ, поэтому сегодня при реконструкции и новом строительстве стоимость ВЛ, способных противостоять гололедно-ветровым воздействиям за счет усиления механических свойств, реально возрастет на гораздо большую величину. Повышение ответственности энергетиков за качество предоставляемой услуги по передаче электроэнергии потребителю со временем вернет их к высокочувствительному методу решения этой проблемы, но реальность сегодняшнего дня в условиях экономии финансовых средств вынуждает искать другие способы.

Тем не менее, остается еще ряд проблем, требующих развития их решения и доработок, например:

Уточнение зоны действия различных метеостанций для предсказания, прогнозирования начала гололедных явлений на проводах ЛЭП, особенно проектируемых на вновь осваиваемых огромных сибирских территориях.

Уточнение фактических нагрузок на провода и троса линий электропередач.

Повышение эффективности использования установленных технических средств в период отсутствия гололеда.

По первой проблеме

Региональное состояние погоды в основном определяется различными циклонами и антициклонами, приходящими в Красноярский край со стороны Европы или Азии. Кроме того, термический режим района формируют в основном радиационные и циркуляционные факторы, а также характер подстилающей поверхности. Кроме макромасштабных факторов на термический режим оказывают влияние местные условия – мезо- и микрорельеф, растительность, почва, близость водоемов, за-

стройка территории. Под их воздействием температура воздуха существенно меняется на расстоянии нескольких километров, а иногда и сотен метров. Влияние орографии на температурный режим наиболее заметно в зимнее время, когда под действием сибирского максимума на длительное время устанавливается малооблачная погода, что способствует радиационному выхолаживанию воздуха. Над котловинами образуются мощные инверсии, способствующие скоплению холодного воздуха на их дне. Поэтому важное значение следует уделить водным перевалам. К таким перевалам относится, например, переход через Енисей ЛЭП-220 кВ возле д. Овсянка вблизи г. Красноярска.

Для оценки анализа условий возникновения гололеда целесообразно на стадии предпроектного обследования трасс ЛЭП по обоим берегам реки установить временные (на 1 год) автоматизированные метеостанции.

На территории Сибири, особенно в ее северной части, расстояния между ближайшими подстанциями может достигать 100-150 и более километров. Возникает вопрос о необходимости установки дополнительных устройств, контроля состояния климатических параметров, влияющих на межсистемные ЛЭП 220 кВ и выше.

В качестве первого шага целесообразно:

1. Найти среднее значение показателей климата по ближайшим метеостанциям;

2. Выполнить корреляционный анализ контролируемых показателей по всей цепочке наличия существующих метеостанций в анализируемой климатической зоне. Если коэффициент парной корреляции более 0,7, то можно считать полученные средние значения репрезентативными данными расположенных вблизи трассы ЛЭП.

О колебаниях температуры воздуха в течение месяца и наиболее часто встречающихся их амплитудах (максимум показателя минус его минимум) можно судить по средним месячным из абсолютных амплитуд колебаний температуры воздуха, а абсолютная амплитуда показывает, в каких пределах может колебаться температура воздуха в Красноярске за месяц.

Средние и абсолютные месячные амплитуды колебаний температуры воздуха имеют хорошо выраженный сезонный ход. В летние месяцы они уменьшаются и наименьших значений достигают в июле, с октября начинают увеличиваться и достигают наибольших значений в декабре и январе. В холодный период часто наблюдаются дни с суточной амплитудой колебаний $3-8^{\circ}\text{C}$, в теплый период $8-13^{\circ}\text{C}$.

Наличие изменений в течение суток климатических параметров, влияющих на возникновение гололеда, приводит к необходимости оперативного контроля их динамики и передаче их в соответствующие диспетчерские управления, в ведении которых они находятся.

Таблица 1. Число дней с минимальной температурой воздуха в различных пределах

Температура, °С		Месяцы											
от	до	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
-4,9	0	0,5	0,5	4,1	12,4	6,4	0,2		•	3,2	11,9	4,6	1,3
0,1	5	0,02	0,1	0,7	6,5	12,4	2,9	0,1	2,2	12,4	8,5	1	0,02
5,1	10			0,02	1,4	7,8	11,1	4,9	11	11,4	2,8		

Примечание. Точка (•) в таблице означает, что абсолютный минимум ниже, чем минимальные температуры за рассматриваемый период.

Таблица 2. Число дней с максимальной температурой воздуха в различных пределах

Температура, °С		Месяцы											
от	до	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
-4,9	0	4,2	4,5	9,5	3,2	0,2				0,05	4	8	5,3
0,1	5	0,5	1,7	6,8	8,4	1,8				1,1	8,8	5,5	1,8
5,1	10	0,1	0,3	3,1	9,2	6,4	0,3		0,3	4,8	8,6	2	0,2

По второй проблеме

Хотя имеется целый ряд документов – СНиП, Правил и т.д, но практически во всех из них дается отдельное значение климатических параметров для расчета ветро-гололедных нагрузок. Между тем имеется климатический показатель – жесткость климата, который объединяет значения температуры воздуха и его скорость в одно численное значения.

Формула Сивинчи

$$S = (0,2 \cdot t + 0,17 \cdot v^{0,62})(98 - t),$$

где t – температура, °С; v – скорость ветра, м/с.

Формула Бадмана

$$C = (1 - 0,04 \cdot t)(1 + 272 \cdot v).$$

Жесткость климата физически является более комплексной, интегральной оценкой состояния климата в целом и, что очень важно в данном случае, оценкой наличия и влияния гололеда на проводах и тросах воздушных линий передачи.

Крайне необходимо выполнить работы в данном направлении по оценке повышения оперативности управления плавкой гололеда

По третьей проблеме

В литературе приводится один из вариантов использования установок выработки реактивной энергии применяемой не только для плавки гололеда, но и для оптимизации режимов работы системных ЛЭП по реактивной мощности.

Но возможно привести еще один вариант комплексного использования одного из средств, участвующих в решении данной проблемы:

На каждой подстанции, прямо или косвенно имеющей отношение к плавке гололеда, целесообразно установить небольшую автоматизированную метеостанцию, контролирующую направление и скорость ветра и наличие гололеда.

В нормальных режимах по ее показаниям возможно определять максимально допустимые нагрузки на провода линий электропередачи, по этим данным вести оптимальный режим по перетокам энергии в энергосистеме.

При наличии гололеда по данным с этой подстанции можно будет определять допустимые тока плавки гололеда и прогнозировать необходимость ее начала.

Таким образом, можно выделить граф целей повышения надёжности эксплуатации ЛЭП при стихийных бедствиях, связанных с гололёдообразованием для обеспечения бесперебойного электроснабжения потребителей:

1. Анализ данных:

1.1. Провести анализ районов по критерию высокой вероятности гололёдообразования;

1.2. Проверить достоверность исходных данных;

1.3. Проанализировать структуру работы с гололёдов МЭС-юга и МЭС-центра.

2. Экспериментальные исследования:

2.1. Создать полигон для опытов эффективной борьбы с гололёдом;

2.2. НИР по выбору места оптимальной установки средств выявления гололёдных отложений;

2.3. Создать комплекс мобильных метеостанций для более детального ведения критических участков.

3. Проектирование:

3.1. Выявить участки ЛЭП, на которых необходимо установить средства предотвращения гололёда;

3.2. Разработать организационные мероприятия, обеспечивающие мониторинг и защиту от гололёдообразования;

3.3. Создать комплекс программно-технических средств:

3.3.1. Создать техническую базу по обеспечению сигнала о появлении гололёда и комплекс средств для её предотвращения;

3.3.2. Статический датчик гололёда;

3.3.3. Многоуровневая цифровая информационно– вычислительная система, обеспечивающая непрерывный контроль гололедной нагрузки и температуры воздуха в пунктах контроля;

3.3.4. Совместить компенсацию реактивной мощности со схемой плавки гололёда.

4. Внедрение:

4.1. Внедрить автоматизированную информационную систему мониторинга за гололедом;

4.2. Организовать работу по готовности персонала разных подразделений к слаженным совместным действиям при мониторинге и выявлении гололедообразования.

Выводы. В данной работе были проанализированы проблемные моменты в уже существующих системах борьбы с гололёдом. Выполнение всех норм и требований и комплексное использование существующих технических средств позволит создать универсальный комплекс программно-технических средств, позволяющий

1. Оперативно и точно обнаруживать гололёд на ЛЭП.

2. Эффективно на ранней стадии обледенения не допускать критического провисания и обрыва провода.

3. Использовать имеющиеся технические средства как в аварийных режимах (плавки гололеда), так и в текущих нормальных режимах работы энергосистем (оперативный контроль пропускной способности ЛЭП, компенсации реактивной мощности и т.д).

УДК 621.311.22; 621.311.8

ПРИМЕНЕНИЕ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК АВАРИЙНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

А.С. Шувандаев

Научный руководитель И.В. Коваленко

Сибирский федеральный университет

В современных условиях существует множество причин, по которым ориентация на централизованное теплоэнергоснабжение от крупных источников становится всё более проблематичной из-за нехватки средств для восполнения отработавших свой ресурс генерирующих мощностей, физического износа электрооборудования и электрических сетей, высокого

уровня инфляции, отсутствия технологических возможностей для подключения новых электропотребителей.

Особенно сильно эти факторы проявляются в случае удалённого электропотребителя с малым и средним уровнем электропотребления, для которого приходится сооружать протяжённые распределительные сети (например, сельские и пригородные населенные пункты).

Проблема актуальна и для крупных динамично развивающихся районов энергопотребления с дефицитом генерирующих мощностей или устаревшими сетями, где подключение новых потребителей к общей электросети становится крайне дорогим (54825 руб/кВА в Москве, 33060 руб/кВА – Санкт-Петербург, 25990 – руб/кВА – Якутск, 13072 руб/кВА – Красноярск). В таких условиях становится всё более актуальным строительство децентрализованных источников тепло- и электроэнергии – Мини-ТЭС, устанавливаемых как на уже существующих объектах энергоснабжения, так и на вновь возводимых.

Мини-ТЭС изготавливаются на базе газопоршневых установок (ГПА) либо на базе промышленных газотурбинных установок (ГТУ). Актуальность Мини-ТЭС обусловлена рядом преимуществ, основными из которых являются:

- короткие сроки изготовления (строительство станции полной заводской готовности мощностью 30 МВА составляет 14÷16 месяцев);
- повышение уровня надёжности тепло- и электроснабжения потребителей;
- высокий уровень экологической безопасности, характеризующийся уровнем вредных выбросов, который для современных газопоршневых агрегатов (ГПА) составляет 50 мг/м³, для ГТУ – до 25 см³/м³, а также уровнем шума не более 85 дБ на расстоянии в один метр;
- высокая степень экологичности позволяет устанавливать в непосредственной близости от потребителя электрические и тепловые сети, позволяя сократить их протяжённость;
- высокая степень автоматизации процесса эксплуатации позволяет отказаться от постоянного обслуживающего персонала;
- современные мини-ТЭС проектируются на самые различные виды топлива, среди которых попутный нефтяной газ (ПНГ), биогаз, природный газ, керосин, дизельное топливо;
- существуют двухтопливные ГТУ и ГПА, способные автоматически осуществлять переход от одного вида топлива на другой, что повышает бесперебойность энергоснабжения;
- срок эксплуатации составляет 5÷15 лет для ГПА и 15÷25 лет для ГТУ, при этом сроки возврата инвестиций составляют 3÷5 лет;

- низкая себестоимость выработанной тепло- и электроэнергии, обусловленная использованием дешёвых видов топлива, отсутствием постоянного оперативного персонала и малыми потерями в сетях;
- мини-ТЭС имеют модульное исполнение, что освобождает от необходимости сооружения стационарного здания, сокращает затраты на общую строительную часть и время монтажа станции.

Установка системы аварийного электроснабжения на базе ГТУ или ГПА позволяет решить проблемы с длительными перерывами в питании электропотребителей. При необходимости возможен полный отказ от системы централизованного электроснабжения и эксплуатация мини-ТЭС как основного источника энергии. Так, например на биогазе или природном газе, стоимость которого для населения согласно тарифу составляет 21,72 рубля за килограмм сжиженного газа с учетом транспортировки.

Выбор между ГТУ и ГПА в качестве силового агрегата носит неоднозначный характер и определяется индивидуально.

Проведём оценку целесообразности использования газотурбинных установок или газопоршневых двигателей, указав при этом как положительные, так и отрицательные качества.

1. Эксплуатационные затраты. Считается, что затраты на капитальный ремонт газотурбинного двигателя превышают затраты на ремонт поршневой установки. На самом деле стоимость капитального ремонта газопоршневого двигателя может достигать 70÷90 % от первоначальной стоимости (при капремонте осуществляется полная замена поршневой группы), а цена ремонта ГТУ составляет всего 30÷40 % от начальных вложений. Причем нижний предел минимальной электрической нагрузки составляет всего 3-5%. Для газопоршневых агрегатов жизненно важным является соблюдение правила **N+1** – количество необходимых агрегатов плюс еще один – для резерва. Это обусловлено тем, что регламентные и ремонтные работы для газопоршневых агрегатов имеют весьма частые и продолжительные временные интервалы. Именно поэтому большинство производителей газопоршневых установок до продажи оборудования покупателю, как правило, предоставляют только коммерческую литературу общего плана и крайне редко – сведения о полных эксплуатационных расходах и производимых технических регламентах.

В части эксплуатации газопоршневого двигателя в приводе электростанции особо следует обратить внимание на количество используемого моторного масла – 600–800 литров на 1 МВт. Само собой, масло должно быть рекомендованным для данной установки, а значит, оно не может быть дешевым. Использование не рекомендованного моторного масла ведет к потере заводских гарантий и непредсказуемым последствиям для самого газопоршневого двигателя. Замена моторного масла должна производиться один раз в 2-4 месяца. Так фактический расход моторного масла на 1 МВт

установки «Jenbacher GE» может достигать 15000 литров в год. Оптовая цена достигает 160÷180 рублей за литр, а специальное моторное масло марки Mysella 15W-40 (Shell) – стоит 40999 рублей за 208 литров. Соответственно подлежат замене все масляные фильтры или картриджи в них. Угар моторного масла составляет 0.35÷0.90 грамма на один произведенный киловатт в час. Отработанное масло газопоршневых установок – 600 литров на 1 МВт требует утилизации, что влечёт дополнительные расходы. В современных ГТУ замена турбинного масла производится в среднем один раз за пять лет.

Поршневые агрегаты, в отличие от газотурбинных установок, имеют жидкостное охлаждение. Объемы охлаждающей жидкости исчисляются в десятках или сотнях литрах – все зависит от мощности поршневого агрегата, в условиях холодного климата система охлаждения потребует более тщательного ухода и перехода на специальные охлаждающие жидкости.

В газотурбинных установках вышеперечисленные эксплуатационные затраты отсутствуют, поскольку не используются такие расходные материалы и компоненты, как: моторное масло, свечи зажигания, масляные фильтры, жидкостная система охлаждения, наборы высоковольтных проводов.

2. Условия эксплуатации. Частые пуски – остановки газопоршневых агрегатов с потерей питания собственных нужд могут повлечь за собой повреждения наиболее нагруженных узлов (подшипников турбоагрегатов, клапанов и т.д.). Газотурбинную установку из-за резких изменений термических напряжений также предпочтительнее использовать для постоянной, непрерывной работы. Число пусков газотурбинной установки составляет 300 раз в год без малейшей потери ресурса. В среднем время запуска для газовой турбины составляет 15÷17 минут, тогда как для газового двигателя – 2÷3 минуты.

По правилам технической эксплуатации на примере моторов электростанций GE Jenbacher (Йенбахер) минимальная продолжительность эксплуатации 12 часов после каждого пуска, за исключением ввода в эксплуатацию, техобслуживания и работы на аварийном питании. Холостой ход газопоршневого двигателя ограничен по времени системой управления агрегатом. Допустимая частичная нагрузка не менее 40%, в автономном режиме от 20% до 40% на срок до 24 часов. Газотурбинные установки способны работать в диапазоне нагрузок от минимальных 3÷5 % до максимальных 110÷115%. Газотурбинные двигатели имеют самую большую удельную мощность, достигающую 6 кВт/кг.

3. Влияние условий окружающей среды. Мощность ГПА практически не зависит от условий окружающей среды и остаётся постоянной в широком диапазоне температур, уменьшаясь только при температурах выше 30÷40°C. При повышении температуры от -30°C до +30°C электрический КПД у газовой турбины падает на 15÷20%.

Параметры электрической мощности газотурбинных установок, по существующим стандартам ISO, измеряются при температуре $+15^{\circ}\text{C}$. Эксплуатация газовой турбины в районах со среднегодовой температурой ниже $+15^{\circ}\text{C}$ может оказаться выгодной. Например, при этой температуре официально заявленная мощность газотурбинной установки равна 4300 кВт. С учетом среднегодовой температуры в Московской области $+3,1^{\circ}\text{C}$ фактическая среднегодовая мощность будет равна 4797 кВт.

При температурах ниже $+7^{\circ}\text{C}$ ГПА требуется подогрев охлаждающей жидкости и моторного масла, что увеличивает время старта газопоршневого агрегата из «холодного резерва».

4. Удельный расход топлива, КПД.

Удельный расход топлива на выработанный кВт·ч меньше у газопоршневой установки, причем при любом режиме нагрузки. Это объясняется более высоким электрическим КПД, однако в случае использования электростанции в качестве резерва этот показатель не становится определяющим. КПД ГТУ можно увеличить до 59% при использовании их в парогазовом цикле. Использование ПГА в комбинированном цикле невозможно.

В отличие от газопоршневых установок выхлопные газы турбин имеют более высокую температуру, что позволяет получать тепловую энергию при работе ГТУ в когенерационном режиме для электроснабжения и отопления.

5. Капиталовложения. Электростанция мощностью 10 МВт с ГПА в качестве привода требует вложений порядка 7,5 млн долларов, в случае использования ГТУ затраты увеличиваются до 9,5 млн долларов. С ростом мощности силового агрегата преимущества ГПА в части капиталовложений уменьшаются (рис. 1).

6. Экологическая безопасность. ГПА значительно уступают ГТУ по уровню выбросов различных окислов азота. Так как моторное масло выгорает в значительных объемах, поршневые агрегаты имеют уровень вредных выбросов в атмосферу в 15-20 раз больший, чем у газотурбинных агрегатов. Содержание СО (при 15% O_2) для газопоршневых двигателей находится на уровне 180–210 мг/м³, несмотря на наличие каталитической очистки уходящих газов. Жидкости системы охлаждения, отработанное масло требуют отдельной утилизации.

Средний уровень шумов для ГПА составляет 75÷78 дБ, этот же показатель для ГТУ составляет 65÷75 дБ.

7. Ресурс. Ресурс до капитального ремонта составляет в среднем 40000÷60000 часов. У газопоршневых моторов есть еще так называемые «промежуточные» ремонты, которые порой мало чем отличаются от капитальных. В настоящее время используются промышленные турбины, срок службы таких установок значительно выше. Имеются подтвержденные за-

водские данные о безостановочной работе некоторых газотурбинных установок – ГТУ в течение 5÷7 лет.

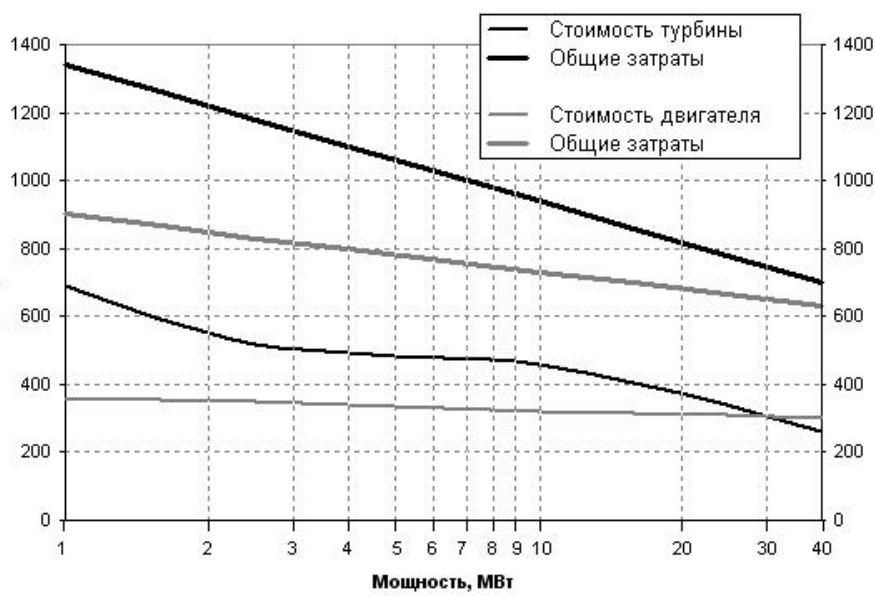


Рис. 1. Капиталовложения в газопоршневой агрегат и газотурбинную установку

На основании вышеперечисленных аргументов можно сделать вывод, что строительство мини-ТЭС на базе газотурбинного силового агрегата полностью оправдано и отвечает требованиям, предъявляемым к установке.

ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

УДК 62 – 229.381

АДАПТИВНЫЕ ГИДРОСТАТИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЯЮЩИЕ СО ВСТРОЕННЫМИ ПЛАВАЮЩИМИ РЕГУЛЯТОРАМИ АКТИВНОГО НАГНЕТЕНИЯ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ

П.В. Карепов

Научный руководитель С.Н. Шатохин
Сибирский федеральный университет

В металлорежущих станках для прецизионной и высокоскоростной обработки, микро-обработки, а также в тяжёлых и уникальных станках находят применение бесконтактные гидростатические шпиндельные опоры и направляющие, которые позволяют получить точность и чистоту обработки, нагрузочные характеристики и виброустойчивость, недостижимые для других типов шпиндельных опор и направляющих. Точность, которую обеспечивают гидростатические направляющие, в 10 и более раз превышает точность изготовления их рабочих поверхностей и сохраняется неограниченно долго. При высокоскоростной обработке с применением сверхтвёрдых режущих инструментов (эльбор, гексанит, минералокерамика) требуется высокая виброустойчивость технологической системы станка, которую могут обеспечить только гидростатические шпиндельные опоры и направляющие.

Проблематика совершенствования гидростатических направляющих заключается не только в повышении их нагрузочной способности и уменьшении податливости, но также в снижении насосных потерь мощности на нагнетание смазки и фрикционных потерь на вязкое трение в несущем слое, возникающих при движении направляющих; уменьшении тепловых и упругих деформаций базовых деталей, имеющих большие размеры и работающих в различных условиях нагружения. Проблема усугубляется тем, что гидростатические направляющие не производятся централизованно и не являются покупными изделиями. Заинтересованные предпри-

ятия вынуждены самостоятельно решать проблемы их оптимального проектирования, изготовления и эксплуатации.

Достаточно давно известны и разработаны конструкции и методы проектирования гидростатических направляющих с пассивной дроссельной (схема «дроссель – карман») или объемной (схема «насос – карман») компенсацией расхода нагнетаемой рабочей жидкости (смазки). Среди последних зарубежных разработок наиболее известны гидростатические направляющие фирмы *Schaeffler*, спроектированные по модульному принципу и устанавливаемые на различные металлорежущие станки.

Более перспективны гидростатические направляющие, которые имеют активное нагнетание смазки (схема «управляемый регулятор – карман»). Они позволяют получить адаптивный диапазон нагрузочной характеристики с отрицательными значениями эксцентриситетов подвижной части, который не могут обеспечить гидростатические направляющие с пассивной компенсацией расхода нагнетаемой смазки по схеме «дроссель-карман» или «насоскарман».

Гидростатические направляющие с мембранными регуляторами активного нагнетания рабочей жидкости появились в 1960-1970 г. Они показали возможность существенного улучшения технических характеристик направляющих, но были конструктивно несовершенны и неудобны в эксплуатации. Стремление избавиться от нестабильности характеристик, сложности изготовления и настройки мембранных регуляторов привело к появлению различных технических решений для автономных многопоточных регуляторов, в том числе с разрезными (для незамкнутых направляющих) и неразрезными (для замкнутых направляющих) плавающими кольцами (последний показан на рис. 1).

Существенным недостатком всех автономных многопоточных регуляторов является необходимость в соединительных трубопроводах, которые связывают регулятор с несущими карманами направляющих. В тяжелых станках общая длина таких трубопроводов составляет десятки метров. Это усложняет конструкцию и ухудшает динамическое качество направляющих из-за упругости самих трубопроводов и большого объема заключенной в них рабочей жидкости.

В СФУ разработаны и исследованы более совершенные технические решения для незамкнутых и замкнутых гидростатических направляющих нового типа, которые имеют встроенные плавающие плунжерные регуляторы нагнетания смазки. На рис. 2 показаны незамкнутые адаптивные гидростатические направляющие с плавающими плунжерными регуляторами активного нагнетания смазки, которые встроены в несущие карманы, выполненные на рабочей поверхности неподвижной части направляющих.

Основание 1 отделено от подвижной части 2 направляющей тонким несущим слоем смазки, который воспринимает действующую нагрузку.

Плавающий плунжерный регулятор 3 расположен во внутренней полости неподвижной части 1, в которую от гидростанции под постоянным давлением нагнетается смазка. Основной поток смазки поступает в несущий карман через дросселирующий щелевой зазор регулятора. Далее через дросселирующий зазор несущего слоя и дренажные каналы этот поток по дренажным каналам поступает обратно в гидростанцию, обеспечивая замкнутую циркуляцию смазки. Дополнительный поток смазки, поступающий в нижнюю часть регулятора, необходим для создания гидростатического подвеса (гидравлической пружины), обеспечивающей стабилизацию его осевого положения. Это является существенным недостатком данного технического решения, так как дополнительный поток смазки значительно увеличивает её расход и потери мощности на нагнетание при малых нагрузках, когда регулятор находится в верхнем положении.

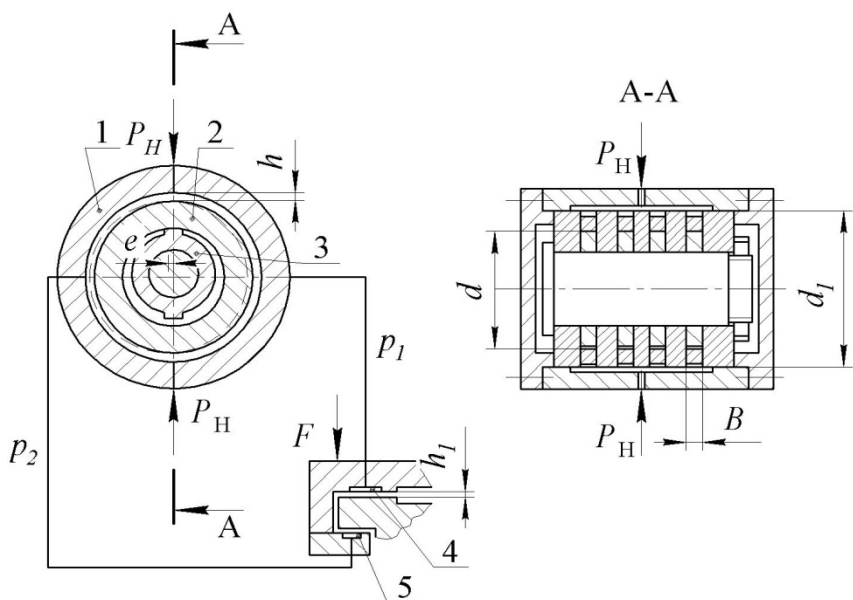


Рис. 1. Автономный многопоточный регулятор с плавающими кольцами для замкнутых адаптивных гидростатических направляющих

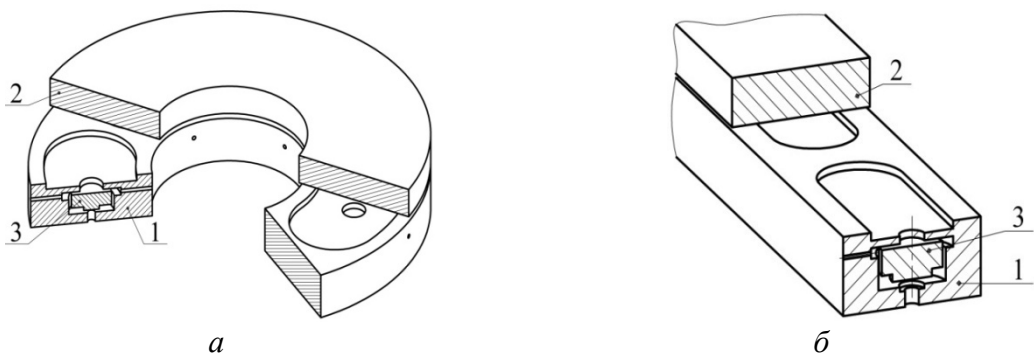


Рис. 2. Незамкнутые адаптивные гидростатические направляющие с плавающими плунжерными регуляторами, встроенными в несущие карманы:
а – круговые направляющие, б – прямолинейные направляющие;
1 – неподвижная часть, 2 – подвижная часть, 3 – плунжерные регуляторы

Нагрузочные, расходные и динамические характеристики незамкнутой адаптивной гидростатической направляющей теоретически и экспериментально исследованы на примере имитационной осевой гидростатической опоры, имеющей круглую форму рабочей поверхности и несущего кармана. Установлена возможность получения устойчивой нагрузочной характеристики с существенным диапазоном отрицательной податливости.

В стадии патентования находится более перспективное техническое решение для незамкнутых адаптивных гидростатических направляющих, в котором отсутствует дополнительный поток рабочей жидкости, а верхний торец встроенного в несущий карман плавающего плунжерного регулятора образует дросселирующий щелевой зазор непосредственно с рабочей поверхностью подвижной части направляющей.

Замкнутые адаптивные гидростатические направляющие со встроенными плавающими регуляторами активного нагнетания смазки могут быть образованы из двух оппозитно расположенных незамкнутых направляющих, однако такое решение будет конструктивно и технологически сложным. На рис. 3 показано разработанное в СФУ более перспективное техническое решение для замкнутых адаптивных гидростатических направляющих со встроенными плавающими плунжерными регуляторами.

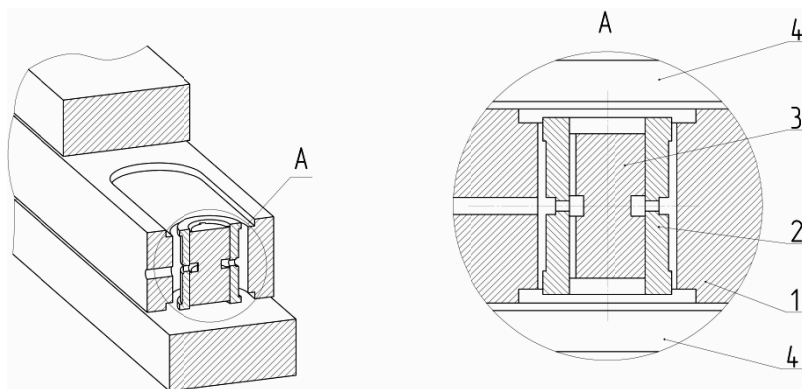


Рис. 3. Замкнутые адаптивные гидростатические направляющие с плавающими плунжерными регуляторами активного нагнетания смазки

Цилиндрические плунжерные регуляторы 2 установлены с малым радиальным зазором в отверстиях, выполненных между оппозитно расположенными несущими карманами, выполненными на нагружаемой и разгружаемой рабочей поверхности неподвижной части 1 направляющей. Это позволяет регуляторам смещаться в осевом направлении, но практически исключает перетекание смазки между оппозитными несущими карманами. Нижний и верхний торцы регулятора образуют дросселирующие щелевые зазоры непосредственно с рабочими поверхностями подвижной части 4 направляющей. Дроссельная вставка 3 необходима для нагнетания смазки в управляющие карманы, выполненные на торцах регулятора.

На рис. 4 показаны построенные по результатам теоретических исследований графики изменения безразмерного относительного эксцентриситета E подвижной части направляющей (жирные линии) и безразмерного относительного эксцентриситета E_p плавающего регулятора (тонкие линии), а также безразмерного расхода Q смазки при увеличении безразмерной нагрузки F , действующей на направляющую. Штриховые линии графиков показывают изменение значений E и Q для пассивной направляющей, имеющей аналогичные размеры и нагнетание смазки по схеме «дрозель – карман».

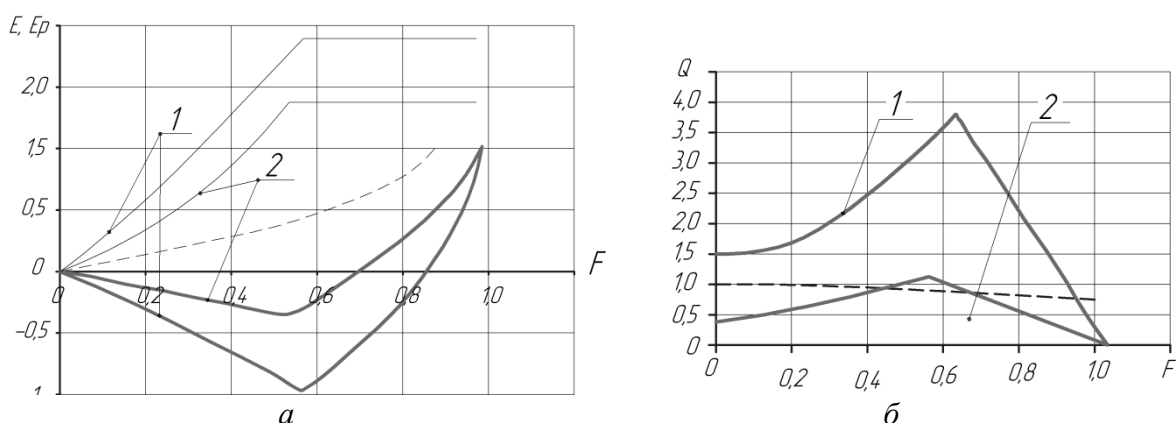


Рис. 4. Нагрузочные и расходные характеристики замкнутой адаптивной гидростатической направляющей с плавающими плунжерными регуляторами: а – нагрузочные характеристики; б – расходные характеристики

Линии 1 графиков соответствуют параметрической оптимизации адаптивной направляющей по приоритету нагрузочной характеристики $E(F)$. В этом случае направляющая может иметь адаптивный диапазон нагрузочной характеристики с отрицательными значениями E , который достигает 80÷85 % от теоретического максимума нагрузочной способности. В большей части этого диапазона направляющая имеет практически постоянную отрицательную податливость, при которой достигается отрицательное значение $E = -0,9$. Видно также, что при положительном значении $E = 0,5$ нагрузочная способность адаптивной направляющей на 30÷35 % лучше, чем у пассивной. Однако расходная характеристика адаптивной направляющей при этом значительно хуже.

Линии 2 соответствуют параметрической оптимизации адаптивной направляющей при паритете нагрузочной и расходной характеристики. Видно, что в этом случае нагрузочная характеристика у адаптивной направляющей уменьшается, но все же она значительно выше, чем у пассивной направляющей. При этом расход смазки для адаптивной направляющей значительно меньше, чем для пассивной.

Графики на рис. 4, б показывают, что при максимальной безразмерной нагрузке ($F \rightarrow 1$) расход смазки у замкнутой адаптивной гидростати-

ческой направляющей практически прекращается. Это объясняется тем, что нижний дросселирующий зазор регулятора уменьшается до нуля и прекращается поступление смазки в нижний (разгружаемый) несущий карман. Одновременно уменьшается верхний дросселирующий зазор у подвижной части направляющей и прекращается расход смазки из верхнего (нагружаемого) несущего кармана. Это позволяет проектировать мало-расходные адаптивные гидростатические направляющие, которые работают в режиме нагружения, близком к максимальному.

Приведенные результаты исследований показывают, что разработка и совершенствование технических решений, а также методов оптимального проектирования адаптивных гидростатических направляющих нового типа является актуальной и перспективной научно-технической проблемой. Её решение позволит значительно повысить технические характеристики и технологические возможности токарных, фрезерных, шлифовальных и других металлорежущих станков, имеющих гидростатические направляющие.

УДК 621.746.628.4

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА УСВОЕНИЕ БОРА ПРИ ВЫПЛАВКЕ ЛИГАТУРЫ АЛЮМИНИЙ – БОР

А.И. Перфильева

Научный руководитель А.И. Черепанов
Сибирский федеральный университет

Электротехнический алюминий применяется во многих отраслях промышленности, но его высокая стоимость вызывает необходимость разработки технологий его удешевления с использованием технического алюминия.

В международных стандартах на электротехнический алюминий максимальное удельное электросопротивление не должно превышать величины $0,028 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$. Алюминий, предназначенный для такого использования, обрабатывается бором для нейтрализации вредного воздействия титана, ванадия, хрома и циркония на удельную электрическую проводимость. Бор осаждает эти элементы в виде нерастворимых боридов, таким образом, их пагубное влияние на удельную электропроводность устраняется. Марганец, железо и кремний также ухудшают электропроводность, однако легирование бором не устраняет негативного влияния этих элементов.

Наиболее распространенным методом обработки бором является введение лигатуры Al-B в расплав алюминия. Анализ информации выявил недостаточность сведений по рациональному способу получения лигатуры Al-B.

Актуальность разработки технологии получения лигатуры Al-B вызвана тем, что на территории России и в странах СНГ лигатура Al-B почти не производится. Поэтому заводы, использующие технологию получения электротехнического алюминия методом осаждения примесей бором, закупают лигатуру за рубежом, что приводит к увеличению затрат в виде таможенных пошлин и транспортных расходов.

Цель работы – Исследование процессов получения лигатуры.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) изучить влияние технологических факторов на усвоение бора алюминием;
- 2) изучить зависимость эффективности усвоения бора от количества вводимого фторбората калия;
- 3) определить условие максимального усвоения бора через восстановление соли тетрафторбората калия;
- 4) достижение равномерного распределения бора по всему объему лигатуры;
- 5) выяснить эффективность данной лигатуры по осаждению вредных примесей.

Методика проведения эксперимента

Приготовление лигатуры Al-B проводили в индукционной печи УП1 в графитовом тигле.

Для получения лигатуры использовали тетрафторборат калия KBF_4 ТУ 6-09-5304-86 и чушковый алюминий марки А7 ГОСТ 11069-2001, соли для флюсов – натрий хлористый ГОСТ 4233-77 и калий хлористый ГОСТ 4234-77.

Содержание бора в лигатуре рассчитывалось на 1,3 и 5 %. Температура расплава, при которой вводился тетрафторборат калия, составляла 850 и 1000 °С, с последующей выдержкой в течение 30 и 60 мин.

Плавку проводили в печи сопротивления СНОЛ в шамотных и графитовых тиглях.

Вначале расплавляли технический алюминий. При температуре 750 °С вводили лигатуру Al-B из расчета количества бора для удаления нужного количества вредных примесей.

После ввода лигатуры расплав тщательно замешивался в течение 2 мин. Время выдержки для осаждения составляло 30, 60, 90 и 120 мин. Разливка и извлечение тиглей из печи осуществлялось таким образом, чтобы случайно не взболтать расплав. Исследование влияния скорости охлаждения проводили заливкой образцов в кокиль (гагаринский) и охлаждение в

тиглях на воздухе, при этом тигель вынимался из печи и устанавливали на шамотный кирпич.

Время затвердевания в кокиле составило 3-5 с, в тиглях на воздухе – до 60 с.

Выводы

1. Изучен и опробован способ получения лигатур алюминий – бор с содержанием бора 1-5 %, с применением тетрофторбората калия. Преимуществом данного способа является получение двойной лигатуры с повышенным содержанием бора до 5 %.

2. Показано влияние температуры плавки на усвоение бора при малых содержаниях бора (около 1 %) изменение температуры не оказывает значительного влияния, а в диапазоне 3-5 % повышение температуры вызывает рост усвоения бора с 75 до 83 %.

3. Изучено влияние времени выдержки расплава на усвоение бора в лигатуре. Установлено, что с увеличением времени выдержки расплава с 30 до 60 мин усвоение бора возрастает с 76 до 86 %.

4. Изучена микроструктура лигатур. Видно, что с увеличением бора в лигатуре увеличивается объемная доля алюминидов бора, а также структурная неоднородность лигатуры. При увеличении температуры в системе Al-1 % В размер диборидных частиц уменьшается в 3-6 раз.

5. Повышение содержание бора до 3 % приводит к увеличению неоднородности структуры. А при увеличении до 5 % и выше неоднородность и размер включений увеличиваются. Наблюдается нерастворившаяся соль фторбората калия.

6. При увеличении выдержки расплава по времени наблюдается снижение содержания примесей в техническом алюминии Ti, V, Zr и Cr на 60-95 %.

УДК 658.512.011.56:004.42

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЧЕРВЯЧНЫХ ШЛИЦЕВЫХ ФРЕЗ

И.В. Баркалов, А.В. Леоненко, М.С. Кузнецов

Научный Е.М. Желтобрюхов

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВПО

«Сибирский федеральный университет»

Обработка шлицевых валов червячными шлицевыми фрезами является одним из наиболее перспективных технологических методов высоко-

производительной обработки точных поверхностей, обеспечивающим высокое качество и точность обрабатываемых поверхностей деталей. Совмещение в одной операции нескольких этапов механической обработки, получение высоких эксплуатационных качеств поверхностного слоя, сравнительно невысокие требования к квалификации оператора – все это обеспечивает высокую эффективность процесса. Однако все эти преимущества обусловлены существенным усложнением конструкции инструмента. Червячная шлицевая фреза представляет собой многолезвийный металлорежущий инструмент сложного фасонного профиля, и проектирование его представляет собой достаточно трудоемкую, сложную и многовариантную задачу, решить которую без использования современных вычислительных средств и методов расчета весьма затруднительно.

В настоящее время большое значение приобретают методы автоматизированного проектирования изделий и технологических процессов их изготовления, что обеспечивает существенное повышение производительности и качества проектирования. Известные методики расчета параметров инструментов, особенно сложнопрофильных, основаны на применении графоаналитического метода проектирования с использованием табличных данных, различных графиков, номограмм и т. п. и плохо приспособлены для автоматизированного расчета с применением ЭВМ. Предпринимаются попытки решения этой проблемы: – в научной и технической литературе можно найти примеры автоматизированного расчета геометрических параметров инструментов; в ряде случаев приведены программы расчета (точнее, фрагменты программ), однако практически нет примеров комплексного решения задачи, которое, по нашему мнению, представляет собой получение рабочего чертежа инструмента, разработанного на основе исходных данных, определяющих необходимое качество обрабатываемого этим инструментом изделия. В статье представлены результаты такого комплексного подхода к проектированию червячных шлицевых фрез для обработки валов с прямобочным, эвольвентным и треугольным профилем шлица.

Для решения задачи автоматизированного проектирования был разработан алгоритм и программы расчета для ЭВМ геометрических параметров шлицевой фрезы, а также программа создания рабочего чертежа фрезы по рассчитанным данным с использованием существующих CAD-систем (поскольку очевидно, что создание и широкое распространение в последнее время мощных графических редакторов (AutoCad, Компас-3D и др.) исключает необходимость самостоятельной разработки графических средств подготовки рабочих чертежей проектируемых инструментов). При этом возможно получить несколько вариантов проектируемой шлицевой фрезы, изменяя как исходные данные, так и условия обработки, т. е. провести оптимизацию конструкции и технологии изготовления.

Современные САПР имеют модульный принцип организации. Каждый модуль предназначен для решения логически завершенной задачи и представляет собой законченную подсистему. Компьютерные программы автоматизированного расчета и проектирования червячных фрез выполнены в виде отдельного исполняемого модуля и набора баз данных для соответствующего типа фрезы. Подход к разработке данного модуля-подсистемы основан на общих принципах, характерных для современных САПР, в частности принципа открытости, подразумевающего возможность расширения САПР путем интеграции в нее новых пакетов расчетных программ. Также предполагается, что данная подсистема может быть интегрирована в более мощную конструкторско-технологическую САПР режущих инструментов, работающую на единых принципах и использующую общие базы данных и ориентированную на мощное современное программное обеспечение конструкторского и технологического проектирования.

Программы автоматизированного проектирования червячных шлицевых фрез реализованы с помощью мощного средства создания приложений – объектно-ориентированного языка Pascal в среде Delphi. Весьма важным вопросом для подобного рода расчетных программ является вопрос вывода рассчитанной информации. В частности, построение чертежей по расчетным значениям геометрических параметров возможно при непосредственном использовании открытого текстового формата файлов для обмена двумерной графической информации dxf. Он является одним из наиболее распространенных стандартов для векторных изображений в открытых операционных системах и приложениях и на сегодняшний день поддерживается практически всеми CAD-системами на платформе PC. Формат является текстовым, и его использование в разрабатываемых программах не представляет особой сложности, но в спецификации этого формата некоторые объекты описываются не полностью либо не описываются вовсе. Поэтому использование этого формата целесообразно только там, где нет возможности применения другого способа вывода чертежа, или тогда, когда необходимо построить чертеж на компьютере, где нет возможности установки полноценной CAD-системы. Более гибкие возможности для построения чертежей из приложений предоставляют средства автоматизации различных CAD-систем. Так, например, программный пакет КОМПАС содержит средства поддержки технологии COM, реализованной в КОМПАС- МАСТЕР (ориентированные на прикладного программиста инструментальные средства разработки дополнительных модулей (прикладных библиотек и приложений), предназначенные для организации вызова функций КОМПАС из программ на языках программирования Си++, Pascal, Бейсик). Использование данных инструментальных средств более трудоемко, но обеспечивает создание достаточно мощных прикладных приложений, выполняющих сложные расчеты с автоматической под-

готовкой чертежей. В нашем случае ориентация была взята на использование широко распространенного на машиностроительных предприятиях и вузах России программного продукта КОМПАС 3D.

В основе конструкции всех червячных фрез лежит обычная червячная фреза, работающая по методу обкатки. Червячная фреза и нарезаемый валик находятся в зацеплении. Профиль червячной фрезы представляет собой профиль рейки, а профиль нарезаемого валика – профиль зубчатого колеса, находящегося в зацеплении с рейкой. При относительном движении валика последний своей начальной окружностью катится по начальной прямой рейке без скольжения, в результате чего образуется профиль зуба фрезы.

Сущность аналитического метода профилирования заключается в определении сопряженного профиля инструмента по заданному профилю детали (шлицевого вала). В то же время эта давно известная и широко применяемая методика не учитывала особенностей применения ЭВМ, что вызывало определенные трудности в адаптации ее к машинному счету. В частности, применение этой методики расчета основано на выборе большого количества параметров с использованием обширных справочных данных, не поддающихся корреляции и возможности установления точных функциональных связей параметров инструмента и детали. Это вызвало необходимость введения режима диалога при выборе определенных параметров и в ходе расчета, а также создания баз данных по справочным материалам. Вместе с тем использование режима диалога, как правило, повышает качество принимаемых решений, а также является полезным при использовании этой программы в учебных целях. Поэтому при разработке программ особое внимание было уделено созданию «дружественного» интерфейса, позволяющего облегчить как работу пользователя САПР, так и возможность использования разработанного модуля для обучения.

Работа программы (после выбора соответствующего расчетного модуля для типа фрезы – не показано) начинается с ввода исходных данных для проектирования, которые должны быть введены в соответствующие поля главного окна (показано на рис.1 для примера расчета червячной шлицевой фрезы с прямобочным профилем зуба).

После ввода данных при активации кнопки "Рассчитать" появляется окно, содержащее рассчитанные геометрические параметры фрезы (на рис. 2 показано окно, в котором представлены результаты расчета фрезы для обработки треугольного профиля зуба).

На следующем шаге программой будет предложено сохранение полученных расчетных данных в текстовом формате и построение по ним рабочего чертежа фрезы. В построенном программой чертеже будут также представлены некоторые из рассчитанных параметров (рис. 3).

САПР шлицевой фрезы

Файл Справка

Укажите исходные данные:

Наружный диаметр $D =$ $es = -0,31$
 $ei = -0,47$

Внутренний диаметр $d =$ $es = 0$
 $ei = -0,021$

Ширина шлица $b =$ $es = 0$
 $ei = -0,012$

Число шлицов $Z =$

☒ Ширина канавки $S =$

☒ Размер фаски $C =$

☐ Радиус закругления =

Выберите:

☐ С последующим шлифованием ?

☒ Без последующего шлифования

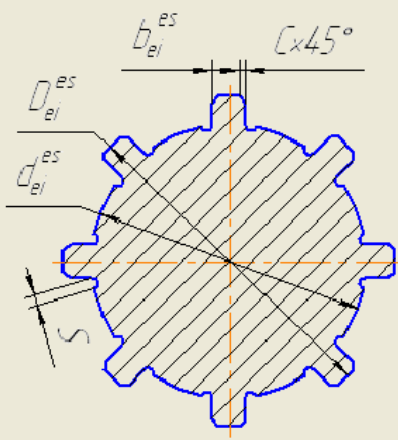


Рис. 1. Окно ввода данных

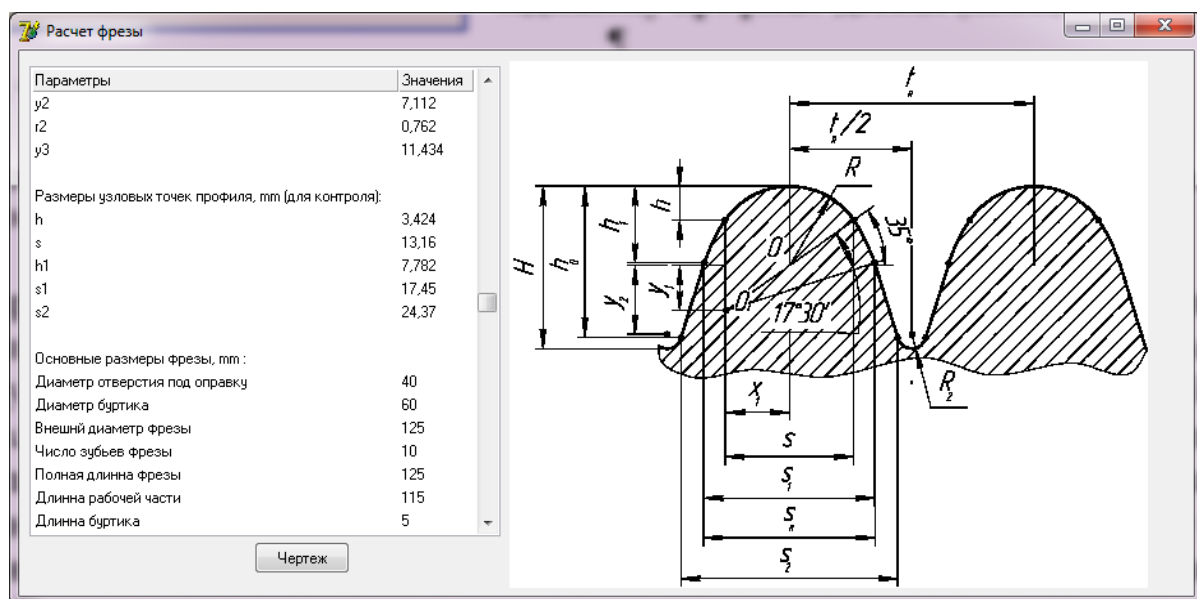


Рис. 2. Окно представления программой рассчитанных данных

Созданный чертеж при необходимости может быть легко отредактирован с помощью соответствующих инструментов графического редактора Компас-3D.

Разработанные компьютерные программы предназначены для автоматизации расчетов, осуществляемых на этапах технологической и организационной подготовки основной системы машиностроительного производства, с целью повышения качества проектных решений и сокращения затрат времени инженеров-технологов и проектировщиков.

Кроме того, компьютерные программы автоматизированного расчета и проектирования червячных шлицевых фрез имеют невысокие аппаратные требования к установке обеспечения, сопровождаются обширными справочными и пояснительными материалами, поэтому могут быть использованы как обучающие программы в учебном процессе высших учебных заведений для повышения качества подготовки студентов машиностроительных специальностей вследствие наличия удобного и наглядного интерфейса и развитой справочной системы, в частности представленный пакет программ используется при проведении лабораторных работ по дисциплине «САПР режущих инструментов» для студентов специальности 151001.65 «Технология машиностроения». Представленная работа выполнена при поддержке гранта СФУ для молодежных научных проектов, выполняемых в рамках «Программы развития СФУ на 2007–2010 годы», программный продукт зарегистрирован в «Роспатенте» (для одной из разработанных программ получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2010612910 «САПР шлицевой фрезы» (с прямобочным профилем зуба), на остальные программы поданы заявки на регистрацию).

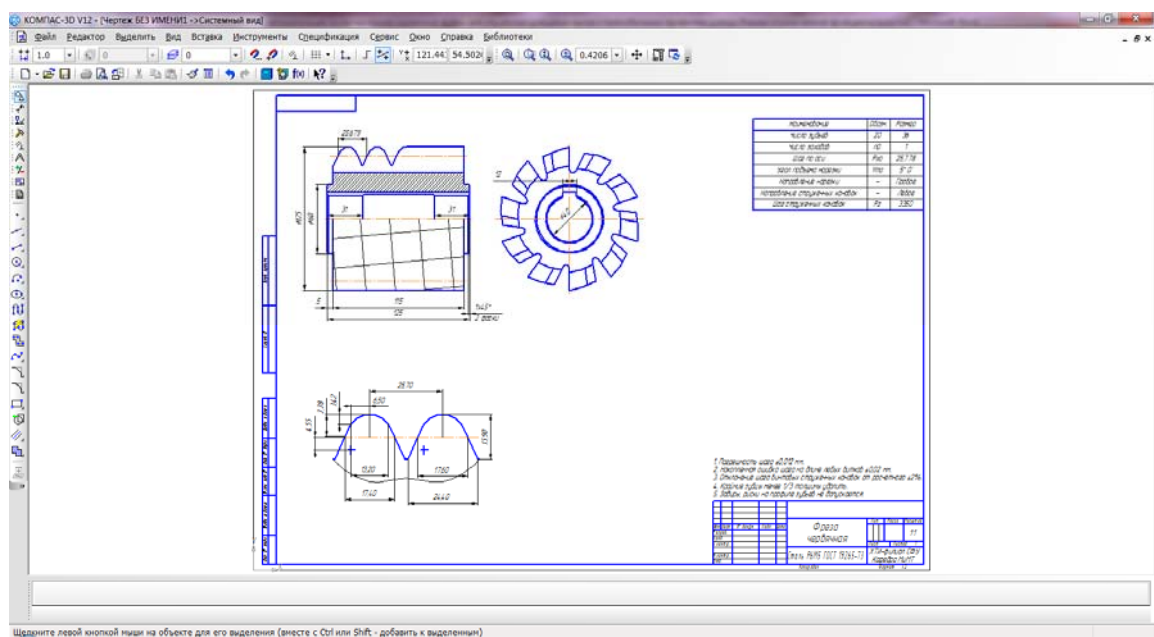


Рис. 3. Чертеж спроектированного инструмента

Программный модуль автоматизированного расчета и проектирования червячных шлицевых фрез является подсистемой «САПР Режущий инструмент», разрабатываемой студентами и сотрудниками кафедры «Машиностроительные и металлургические технологии» Хакасского технического института – филиала СФУ.

ДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ГИДРОПРИВОДА

Е.А. Мандраков

Научный руководитель А.А. Никитин

Сибирский федеральный университет

Условия работы гидравлических машин, как правило, сложны из-за того, что большинство гидравлических аппаратов и трубопроводов при работе системы испытывает одновременно статические и динамические нагрузки.

К статическим нагрузкам можно отнести усилия, возникающие при монтаже гидравлического оборудования, усилия от внутреннего давления рабочей жидкости и усилия от температурных деформаций элементов гидрооборудования и металлоконструкции машины.

К динамическим относятся усилия, возникающие в результате пульсаций потока, гидравлических ударов, колебаний рабочего оборудования, давления жидкости и т. д.

Для проведения теоретических исследований динамических процессов в гидроприводе необходимо математически описать его динамику, т. е. построить имитационную модель, которая представляет собой замкнутую систему дифференциальных и алгебраических уравнений. Эту систему дополняют условия, необходимые для получения конкретного решения.

Разработка математической модели гидропривода по этим принципам осуществляется путем составления дифференциальных уравнений движения механических элементов, состояния жидкости, баланса расходов и ряда алгебраических уравнений, определяющих расходы жидкости через дроссельные устройства.

Закон движения механизма машинного агрегата формируется под действием сил, приложенных к его звеньям. Прежде всего это движущие силы и силы сопротивления, а также силы тяжести и многие другие. Характер действия сил может быть разным: некоторые из них зависят от положения звеньев механизма, а другие – от их скорости, силы могут быть и постоянными.

Выполнив приведение сил и масс, любой механизм с одной степенью свободы (рычажный, зубчатый, кулачковый и др.), сколь бы сложным он ни был можно заменить его динамической моделью. Эта модель в общем случае имеет переменный приведенный момент инерции J_{Σ}^{np} , и к ней приложен суммарный приведенный момент M_{Σ}^{np} . Закон движения модели такой же, как и закон движения начального звена механизма. Основой для

составления уравнения движения механизма с одной степенью свободы служит теорема об изменении кинетической энергии:

$$T - T_{нач} = A_{\Sigma}.$$

Работу совершают все активные силы, моменты и силы трения во всех кинематических парах механизма.

Изменение приведенного момента инерции найдем по уравнению движения в энергетической форме:

$$\frac{J_{\Sigma}^{np} \omega_1^2}{2} - \frac{J_{\Sigma_{нач}}^{np} \omega_{1нач}^2}{2} = \int_{\varphi_{1нач}}^{\varphi_1} M_{\Sigma}^{np} d\varphi_1.$$

Продифференцируем по координате φ_1 :

$$\frac{d}{d\varphi_1} \left(\frac{J_{\Sigma}^{np} \omega_1^2}{2} \right) = M_{\Sigma}^{np}.$$

Определим производную, стоящую в левой части уравнения, помня, что в общем случае переменной величиной является не только угловая скорость ω_1 , но и J_{Σ}^{np} . В итоге получим

$$J_{\Sigma}^{np} \frac{d\omega_1}{d\varphi_1} + \frac{1}{2} \frac{dJ_{\Sigma}^{np}}{d\varphi_1} \omega_1^2 = M_{\Sigma}^{np}.$$

Это и есть уравнение движения в дифференциальной форме, поскольку искомая переменная величина – угловая скорость ω_1 начального звена механизма – стоит под знаком производной.

В учебнике Д.Н. Попова “Механика гидро- и пневмоприводов” представлена нелинейная математическая модель силовой части гидропривода с дроссельным регулированием, которая описывается следующей системой дифференциальных уравнений в форме Коши:

$$\begin{aligned} \frac{dy_m}{dt} &= v_m \\ \frac{dv_m}{dt} &= \frac{c_{св}}{m} y_{ум} - \frac{c_{св} + c_n}{m} y_m - \frac{1}{m} P_{mp} \\ \frac{dy_{ум}}{dt} &= v_{ум} \\ \frac{dv_{ум}}{dt} &= \frac{S_1}{m} p_1 - \frac{S_2}{m} p_2 - \frac{c_{св}}{m} y_{ум} + \frac{c_{св}}{m} y_m - \frac{1}{m} P_{mp.у} \end{aligned}$$

$$\frac{dy_u}{dt} = v_u$$

$$\frac{dv_u}{dt} = \frac{S_1}{m} p_1 - \frac{S_2}{m} p_2 - \frac{c_{on}}{m} y_u - \frac{1}{m} P_{mp.u},$$

при $x_3 > 0$

$$\frac{dp_1}{t} = \frac{k'_{31} B_{cm1}}{V_1 + V_{1.l}} x_3 \sqrt{|p_n - p_1|} \text{sign}(p_n - p_1) - \frac{S_1 B_{cm1}}{V_1 + V_{1.l}} v_{um} - \frac{S_1 B_{cm1}}{V_1 + V_{1.l}} v_u$$

$$\frac{dp_2}{t} = -\frac{k'_{32} B_{cm2}}{V_2 + V_{2.l}} x_3 \sqrt{|p_2 - p_{cl}|} \text{sign}(p_2 - p_{cl}) + \frac{S_2 B_{cm2}}{V_2 + V_{2.l}} v_{um} + \frac{S_2 B_{cm2}}{V_2 + V_{2.l}} v_u,$$

при $x_3 < 0$

$$\frac{dp_1}{t} = -\frac{k'_{34} B_{cm1}}{V_1 + V_{1.l}} x_3 \sqrt{|p_1 - p_{cl}|} \text{sign}(p_1 - p_{cl}) + \frac{S_1 B_{cm1}}{V_1 + V_{1.l}} v_{um} + \frac{S_1 B_{cm1}}{V_1 + V_{1.l}} v_u$$

$$\frac{dp_2}{t} = \frac{k'_{33} B_{cm2}}{V_2 + V_{2.l}} x_3 \sqrt{|p_n - p_2|} \text{sign}(p_n - p_2) - \frac{S_2 B_{cm2}}{V_2 + V_{2.l}} v_{um} - \frac{S_2 B_{cm2}}{V_2 + V_{2.l}} v_u,$$

где $k'_{31} = k'_{33}$; $k'_{32} = k'_{34}$.

Данную систему дифференциальных уравнений необходимо дополнить функциями $P_{mp} = P_{mp}(v_m)$ и $P_{mp.u} = P_{mp.u}(v_{um}, v_u)$, а также функциями, которые определяют проводимость окон, открываемых кромками золотника $k'_{31} = \mu_{31} \pi d_3 k_n \sqrt{\frac{2}{\rho}}$ и $k'_{32} = \mu_{32} \pi d_3 k_n \sqrt{\frac{2}{\rho}}$.

Математическая модель, описанная выше, учитывает силы трения, сжимаемость жидкости, но не учитывает инерцию рабочей жидкости, а гидравлическое сопротивление каналов учтено в коэффициенте расхода золотника (удельные проводимости окон). Также не учтен приведенный момент инерции звеньев механизма и его изменение.

В диссертации Е.М. Щеглова “Снижение динамических нагрузок в гидроприводе лесопогрузчика” предлагается следующая модель гидравлического привода, которая является системой дифференциальных нелинейных уравнений второго порядка с учетом функционирования демпферного устройства:

$$\frac{dx_k}{dt} = V_k$$

$$\frac{dV_k}{dt} = \frac{F_R - A_R \cdot \frac{(B_R \cdot x_R \sqrt{p_1 - p})^2}{x_R} - k_{\mu R} \cdot \frac{dx_R}{dt} - C_R \cdot x_R}{m_K};$$

$$\frac{dx}{dt} = V;$$

$$\frac{dV}{dt} = \frac{p \cdot S_1 - F_f - F_p - F_g}{m_g + m_h};$$

$$\frac{dp}{dt} = \frac{(B_R \cdot x_R \sqrt{p_1 - p}) - Q_2 - (B_D \cdot x_D \sqrt{p - p_2}) - S_1 \cdot \frac{dx}{dt}}{(W_S + S \cdot x) \cdot \left(V_H \cdot E_G \cdot \left[1 - \frac{p_1 - p_3}{E} \right] + V_G \cdot E_H \cdot \left[\frac{p_3}{p_1} \right]^{\frac{1}{k}} \right)} \cdot k_V \cdot E_H \cdot E_G;$$

$$\frac{dx_D}{dt} = V_D;$$

$$\frac{dV_D}{dt} = \frac{(p - p_2) \cdot S_D - A_D \cdot \frac{(B_D \cdot x_D \sqrt{p - p_2})^2}{x_D} - k_{\mu D} \cdot \frac{dx_D}{dt} - C_D \cdot x_D}{m_D},$$

где V , V_R , V_D – скорости штока гидроцилиндра, золотника распределителя и запорного элемента демпфера.

Данная модель учитывает силы трения, сжимаемость жидкости, потери давления в напорной и сливной магистрали, приведенный момент инерции звеньев механизма, но не учитывает инерцию рабочей жидкости и изменение приведенного момента инерции звеньев. Математическая модель лесопогрузчика, приведенная выше, описывает только подъем стрелы на первом этапе, когда поворотное основание неподвижно.

УДК 621.892

УВЕЛИЧЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК С УЛЬТРАДИСПЕРСНЫМ АЛМАЗОГРАФИТОМ

Д.П. Фастович
Научный руководитель С.Г. Докшанин
Сибирский федеральный университет

Подшипники качения являются важнейшими структурными элементами машин, где они применяются в опорах движущихся частей механиз-

мов. Такие преимущества перед опорами скольжения, как малый коэффициент трения, пониженный расход смазочного материала и уменьшение момента страгивания позволили подшипникам качения найти широкое применение во всех отраслях машиностроения, на автомобильном и железнодорожном транспорте, в авиационно-космической технике, сельскохозяйственных машинах и оборудовании, строительной и дорожной технике, горнодобывающем оборудовании и в другой технике, где необходима передача звеньям механизмов вращательного или качательного движения.

Независимо от того, в каких условиях происходит эксплуатация машины, нормальная работоспособность подшипников качения достигается только в случае использования соответствующего смазочного материала, имеющего хорошие смазочные свойства и его надежной подачи в подшипник. В 40 % случаев потеря работоспособности подшипниками качения обусловлена повреждением и износом поверхностей тел качения и колец, что связано с утратой смазочным материалом своих эксплуатационных свойств. Основная причина преждевременного отказа связана с образованием задира, возникающего в результате скольжения тел качения по дорожкам и бортам колец. В условиях эксплуатации даже кратковременное ужесточение режима работы может привести к наступлению граничного режима трения за счет выдавливания смазочного материала из зоны контакта тел качения с дорожками колец. Следствием этого является повышение момента трения и рост температуры в подшипниковом узле. Все это приводит к схватыванию контактирующих поверхностей, что сказывается на работоспособности подшипников качения.

Уменьшения проскальзывания, понижения рабочей температуры, ограничения момента трения можно добиться за счет качества применяемых смазочных материалов, поэтому большее внимание уделяется их антифрикционным, противоизносным и противозадирным свойствам. Являясь необходимым условием правильной и надежной работы подшипников качения в машинах и механизмах, смазочный материал уменьшает трение между поверхностями качения и снижает проскальзывание; отводит тепло, образующееся в процессе работы, и обеспечивает его равномерное распределение во всех частях подшипника качения; предохраняет детали подшипника от коррозии. Применение смазочных материалов с улучшенными антифрикционными и противоизносными свойствами повышает срок службы подшипников качения, однако выбор серийных марок смазочного материала может быть ограничен условиями эксплуатации или техническими требованиями к работе подшипникового узла. В этом случае введение в базовый смазочный материал твердых добавок, улучшающих триботехнические свойства, может быть решением данного вопроса.

На сегодняшний день одним из перспективных направлений в области модификации серийно выпускаемых пластичных смазочных материалов с целью повышения их смазочных свойств можно считать применение в качестве твердых добавок порошки материалов с ультра- и наноразмерными частицами. Их введение приводит к улучшению антифрикционной способности смазочных материалов, снижает коэффициент трения и интенсивность износа деталей подшипников качения, понижает температуру в зоне трения, увеличивает прочность смазочного слоя на контакте, повышает герметизирующие и защитные свойства смазочного материала. Подобные улучшения позволяют применять модифицированные пластичные смазочные материалы для опор с подшипниками качения, работающих при больших значениях скоростей и прикладываемых нагрузок.

Представленная работа была выполнена в лаборатории исследования процессов трения Сибирского федерального университета. Цель работы заключалась в получении высокоэффективных пластичных смазочных материалов с улучшенными антифрикционными и противоизносными свойствами на основе модификации серийно выпускаемых. Методика заключается в том, что для улучшения смазочных свойств в них вводятся ультрадисперсные порошки алмазографита с размером частиц 40–100 нм. Порошки представляют собой конденсированный углеродсодержащий продукт, полученный методом детонационного синтеза в среде углекислого газа.

Эффективность использования ультрадисперсного порошка алмазографита в качестве добавки является основанием для более детального изучения механизма действия ультрадисперсных частиц в смазочных материалах. Ультрадисперсному алмазографиту, в отличие от широко применяемых порошковых добавок, свойственна высокая адгезионная способность к металлическим поверхностям. За счет повышенной поверхностной энергии они образуют на поверхности трения прочные пленки, которые выдерживают значительные касательные и нормальные нагрузки, возникающие на площадке контакта. Пленка, удерживая на поверхности трения тонкий смазочный слой, представляет защитный экран, который в режиме высоких нагрузок способен предотвращать образование схватывания поверхностей и препятствовать разрушению граничных слоев.

Для создания исследуемых смазочных композиций в качестве основы был выбран пластичный смазочный материал «Литол-24». На рис. 1 и 2 представлены зависимости изнашивания подшипников качения от наработки. Испытания выполнялись на лабораторной установке, моделирующей работу подшипникового узла при однонаправленном вращении, образцами служили роликоподшипники типа 32206. Оценка смазочных свойств проводилась при различных режимах работы подшипникового узла, диапазон нагрузок изменялся в пределах 0,1–2,5 кН, частота вращения

внутреннего кольца 960 об/мин. Концентрация добавки в смазочной композиции составляла 1 % от массы взятого смазочного материала.

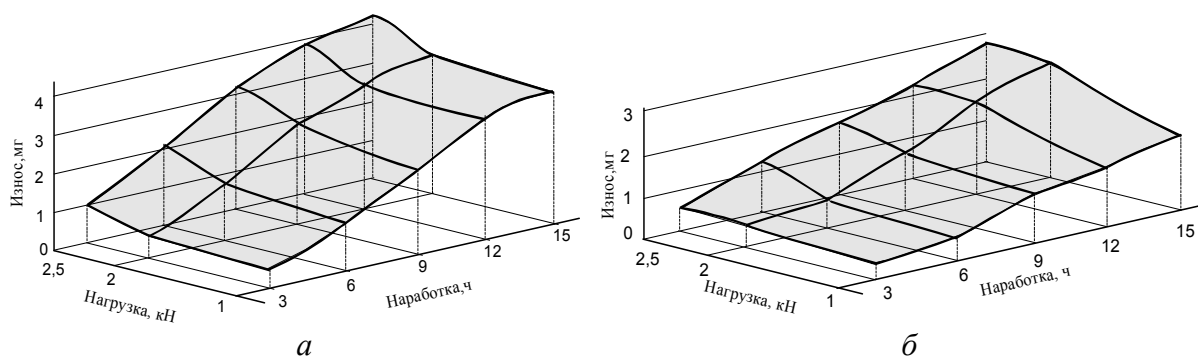


Рис. 1. Зависимость износа от наработки для радиальной нагрузки:
а – без добавки УДПАГ; б – с добавкой УДПАГ

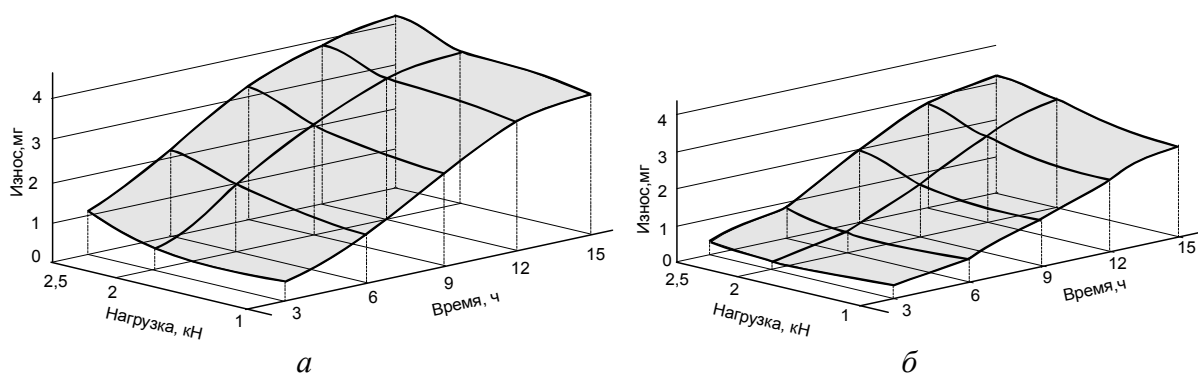


Рис. 2. Зависимость износа от наработки для осевой нагрузки:
а – без добавки УДПАГ; б – с добавкой УДПАГ

Результаты исследований показывают, что введение ультрадисперсного порошка алмазографита повышает противоизносные и антифрикционные свойства пластичного смазочного материала «Литол-24». В подшипниках качения, нагруженных радиальной нагрузкой, при использовании смазочного материала с добавкой уменьшается величина износа в 1,6–1,8 раза. Для подшипников качения, нагруженных осевой нагрузкой, смазочный материал с добавкой ультрадисперсного порошка алмазографита также показал эффективность использования. Здесь величина износа подшипника уменьшилась в 1,2–1,4 раза. При этом величина момента трения в подшипниках уменьшается на 31–33 %.

Вполне очевидно, что для долговечности узла имеет значение определенная связь между эксплуатационными свойствами смазочных материалов, изнашиванием контактирующих поверхностей и контактными нагрузками. Условия смазки подшипников качения оказывают влияние не только на прямой износ деталей подшипника, но и на усталостное выкрашивание материала в зоне контакта, что является обычной причиной потери работоспособности подшипников качения при нормальных условиях их

эксплуатации. В большинстве случаев усталостное разрушение деталей подшипника начинается на поверхности в результате возникновения касательных напряжений, связанных с действующими силами трения. При наличии у смазочного материала хороших антифрикционных свойств происходит снижение коэффициента трения на площадке контакта между телом качения и дорожкой. За счет этого в зоне контакта ролика и дорожки качения процесс образования усталостных трещин будет видоизменяться. В этом случае зарождение усталостных трещин будет сдвигаться от поверхности материала, что приводит к увеличению времени до начала усталостного разрушения дорожек и тел качения и продлевает срок службы подшипникового узла.

Расчетные значения долговечности подшипников качения, а также лабораторные исследования пластичных смазочных материалов позволяют говорить о том, что при использовании в опорах качения смазочных материалов, в которые введены добавки ультрадисперсного порошка алмаз-графита, происходит снижение моментов трения, износа деталей подшипников, контактных напряжений в зоне трения. Все это способно в 1,5–2 раза увеличить срок службы подшипников качения.

УДК 62 – 229.381

РАЗРАБОТКА ЛЕГКОГО СТАНКА ДЛЯ ОБРАБОТКИ МЕЛКОГАБАРИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ ИЗ МЯГКИХ МАТЕРИАЛОВ

М.Ю. Мосиенко, Д.А. Кривов
Научный руководитель Я.Ю. Пикалов
Сибирский федеральный университет

Работа посвящена созданию небольших станков настольного исполнения, обладающих простой кинематикой и системой ЧПУ на базе персонального компьютера (ПК). Такие станки получили название малогабаритные станки с неавтономной системой числового программного управления.

Их достоинствами являются простая кинематика, доступная система управления на базе ПК, небольшие габаритные размеры, низкие затраты на обслуживание.

Использование таких станков может быть актуально в случаях, когда не требуется высокоточная обработка тяжелых и крупногабаритных заготовок размеров из высокопрочных материалов (сталь, чугун). Поэтому

данное технологическое оборудование может востребовано в следующих областях производства:

- Машиностроение: изготовление сложных графитовых электродов для электроэрозионной обработки; детали из современных пластмасс, которыми все чаще заменяют металлические элементы;
- Электроника: фрезерование и сверление печатных плат; укладчики радиокомпонентов; корпусные изделия радиоаппаратуры;
- Мебельная промышленность: балясины для лестничных пролетов; уникальная мелкосерийная фурнитура (например, ручки для мебели);
- Реклама и сувенирная продукция: именные настольные таблички, элементы рек рекламных щитов; объемные фигурки; гравировка и т. п.;
- Моделизм: различные детали моделей; работы с модельным воском;
- Использование в учебных целях: отладка программ ЧПУ; изучение принципов механической обработки изделий и т. д.
- Прочие мелкогабаритные изделия из нетвердых материалов (рис. 1).



<http://cncfiles.ru/>

Рис. 1. Примеры мелкогабаритной продукции

Среди существующих типов станков наибольший интерес по причине широких технологических возможностей представляют фрезерные станки. Например, за счет фрезерования с круговой подачей можно заменить токарные операции.

Малогабаритные фрезерные станки (рис. 2) обычно имеют порталную компоновку (балка на двух опорах). При этом стол может быть зафиксирован на раме или станине, а сам портал с инструментом совершает поступательные движения либо портал закреплен, а стол перемещается. Также известны конструкции с крестовым столом (традиционные для полно-размерных фрезерных станков).



Рис. 2. Основные компоновки станков

При проектировании малогабаритного станка portalного типа обычно используют подвижный портал. Это связано с тем, что вес обрабатываемой заготовки ограничивается жесткостью стола, т. е. приводу будет проще перемещать портал с инструментом, чем «тянуть» 10 кг заготовку с дополнительным весом стола. Но в ряде специфичных задач, где заготовка слишком легкая и обработка более тяжелых заготовок не планируется, например, фрезерование печатных плат – подвижный портал делать нецелесообразно. Малогабаритные станки с крестовым столом зачастую внешне выглядят, как и вертикально-фрезерные станки, которые мы привыкли видеть на производстве, только в уменьшенном масштабе. Если требуется обрабатывать заготовки из более твердых материалов, то станину изготавливают литой.

Как было уже отмечено, данные станки обладают достаточно простой кинематикой. В качестве привода главного движения малогабаритных станков могут использоваться бормашины, фрезерные машины, бесколлекторные шпиндели. Крепление шпинделя данных станков подразумевает простую смену «шпиндельного узла».

В свою очередь выбор шпинделя зависит от требований, предъявляемых к станку. Бормашины имеют низкую мощность, могут резать только мягкие материалы (пластик, фанеру) и обычно выбираются в случае не-

возможности применения шумного шпинделя (например, дома) и собственно из-за недостатка средств на бесшумный мощный шпиндель. Диапазон мощностей бормашин около 40-150 Вт. Фрезерные машины имеют диапазон мощностей 350-2500 Вт и применяются для обработки более твердых материалов, например, алюминий, его сплавы. Основные два недостатка фрезерных машин – значительный шум и износ (они не предназначены для постоянной работы), что связано с применением в них коллекторных двигателей, зачастую и дешевых подшипников. Всех этих недостатков лишены бесколлекторные шпиндели. Они могут при сравнительно небольших габаритах иметь мощность от 0,85 кВт до 5 кВт. На холостом ходу они практически бесшумны, при этом имеют высокую мощность и большой срок службы. Но и они не без недостатков. Цена таких шпинделей значительно выше. К тому же им требуется система воздушного либо водяного охлаждения. Выбор шпинделя в основном определяется жесткостью станка.

Приводы подач малогабаритных станков в большинстве случаев не требуют редукторов, что стало возможным за счет использования шаговых двигателей с малым углом шага (шага перемещений вокруг оси) либо сервоприводов. В состав исполнительного механизма привода подач входят сам двигатель, муфта и винт-гайка. При больших габаритах применяют пару зубчатое колесо – рейка.

Как уже упоминалось, для совмещения токарных и фрезерных операций используют вращающуюся четвертую ось, а вместо резца используется фреза. Необходимость в четвертой оси может возникнуть, например, при фрезеровании балясин.

Электроника станка включает в основном, так называемую, силовую часть с небольшой системой преобразования сигналов, поступающих с компьютера в сигналы, понятные двигателям, т. е. преобразуются импульсы с ПК в движение приводов. Для управления приводами станка используется G-код-совместимое программное обеспечение, например, EMC, Mach и др. Таким образом «интеллект» приводов ограничивается возможностями «компьютерного мышления».

Среди существующих малогабаритных станков, выпускаемых Российскими предприятиями, особого внимания заслуживают представленные ниже.

PureLogic – одна из первых компаний, начавших серийное производство мелкогабаритных станков. Появление этой компании на рынке сопровождалось выпуском станков портального типа с различными размерами стола (3-4 вида). Стоит отметить, что требования к жесткости конструкции их станков при разных размерах стола отличались незначительно. Через некоторое время их выпуск был приостановлен и не так давно в производ-

ство были запущены станки с размером рабочей области 320*220*100, собранные из множества унифицированных деталей.



Рис. 3. Станок фирмы PureLogic



Рис. 4. Станок «Гном» фирмы «Частный мастер»

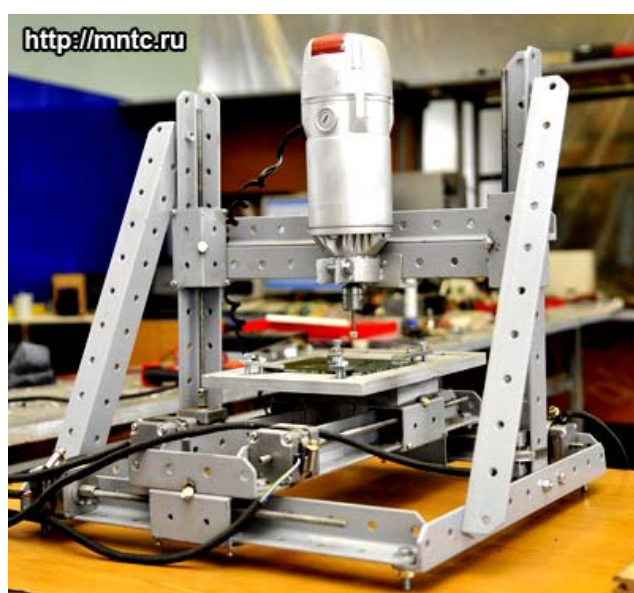


Рис. 5. Станок «Кулибин» компании «Молодежный научно-технический центр»

Среди станков с крестовым столом в последнее время выделяется станок «Гном» компании «Частный мастер». Сама компания ориентируется на изготовлении штампов, и их станок предназначен в основном для этих целей. При своих габаритах он имеет очень маленькую рабочую об-

ласть – 80×80×35мм. Из преимуществ можно выделить достаточно жесткую для своих задач стальную конструкцию. Среди недостатков – небольшую рабочую зону и применение метрической строительной шпильки в качестве ходового винта.

Наиболее неудачный пример продаваемых станков – одна из первых выведенных на российский рынок конструкция «Кулибин» ценой 15 000 руб. компании «Молодежный научно-технический центр» (ранее «Машиностроительный научно-технический центр»). За этим громким названием скрывается обычная конструкция из «уголков».

Проведенный анализ позволяет сделать вывод, что для обработки небольших деталей из материалов низкой твердости наиболее рационально использовать малогабаритные станки с ЧПУ на базе ПК, отличающиеся низкой стоимостью изготовления и обслуживания.

УДК 621.93.022

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УНИВЕРСАЛЬНЫХ ЗУБЧАТЫХ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕЙ МОДЕЛЕЙ ИТЗ-01 И ИЦЗ-08

Д.А. Андреев, Е.В. Гончарова, О.А. Гаврилова
Научный руководитель Ю.А. Пикалов
Сибирский федеральный университет

Процесс гранулирования комбикормов по существующим технологиям состоит из ряда операций: измельчение зерна; смешивание компонентов; увлажнение; гранулирование. Основными операциями являются измельчение и гранулирование. Анализ известных технологий и оборудования для их реализации показал, что суммарная мощность, затрачиваемая на основные операции, составляет от 20 до 47 кВт на 1 тонну продукции. Снижение энергозатрат за счет применения инновационной технологии в 2,5-4,5 раза является актуальной задачей в свете «Энергетической стратегии России на период до 2030 года».

В Сибирском федеральном университете разработаны универсальные измельчители, которые позволяют реализовать способы дробления, гранулирования и экструдирования комбикормов. В конструкциях данных измельчителей использованы специальные зубчатые передачи. На рис. 1 представлен универсальный измельчитель ИТЗ-01, имеющий торцевую зубчатую передачу, а на рис. 2 показан измельчи-

тель ИЦЗ-08, в котором была применена цилиндрическая зубчатая передача внутреннего зацепления.

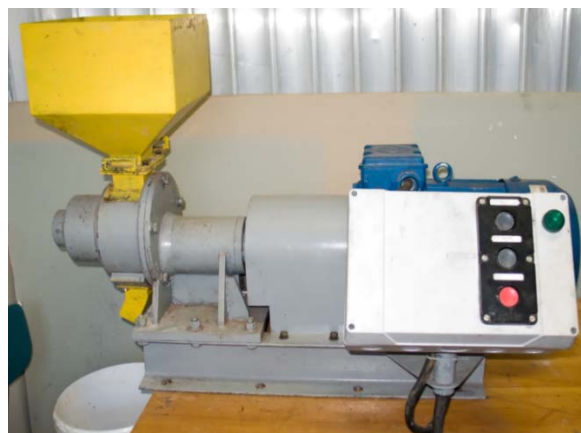
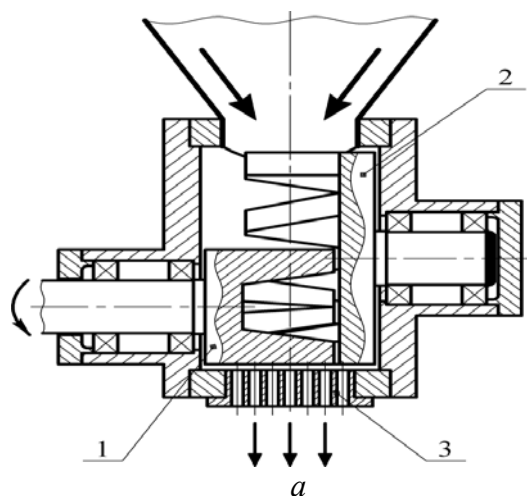


Рис. 1 Универсальный измельчитель торцевого зацепления ИТЗ-01:
а – принципиальная схема: 1 – шестерня; 2 – колесо; 3 – решетка сменная;
б – общий вид

Принцип работы измельчителей (рис. 1, 2) заключается в следующем. Исходное сырье из бункера поступает в камеру размола, при этом основное разрушение сырья происходит в полостях, образованных впадинами зубьев колеса и стенкой камеры. При вращении зубья ведущей шестерни «закрывают» эти полости, в результате чего сырье подвергается всестороннему сжатию, сдвигу, измельчается и отводится через отверстия в решетке 3 в приемную тару.

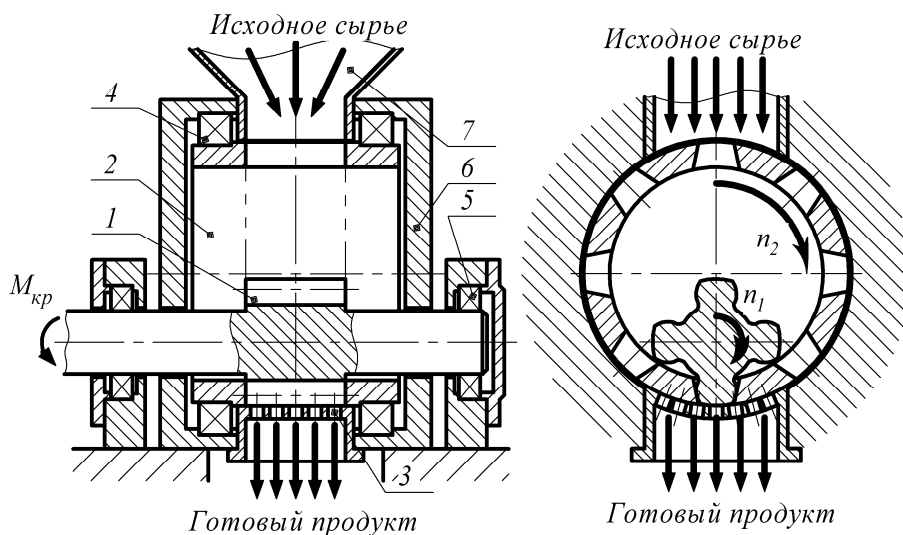


Рис. 2. Универсальный измельчитель цилиндрического зацепления ИЦЗ-08:
1 – шестерня; 2 – колесо внутреннего зацепления; 3 – решетка сменная;
4 – подшипник качения колеса; 5 – опорные подшипники вала-шестерни;
б – корпус измельчителя; 7 – бункер с исходным сырьем

Разработанные конструкции измельчителей ИТЗ-01 и ИЦЗ-08 прошли предварительные исследования в лаборатории «Эффективные методы измельчения материалов» на экспериментальном стенде (рис. 3), созданном на базе техники фирмы *Siemens* и технологий *National Instruments*.

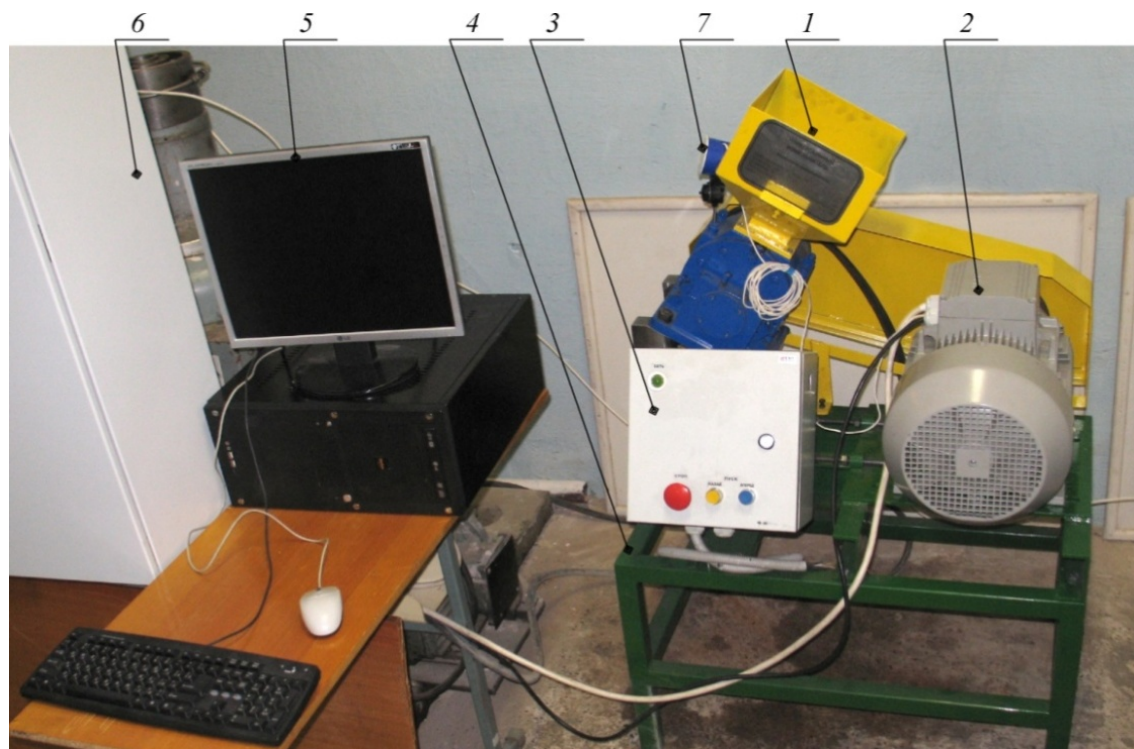


Рис. 3. Экспериментальный стенд для исследования измельчителей:
 1 – измельчитель ИЦЗ-08; 2 – электродвигатель *Siemens* ($N = 5,5$ кВт, $n = 750$ об/мин);
 3 – пульт управления; 4 – каркас несущий; 5 – управляющий компьютер
 на базе *LabVIEW* и *Simatic Net*; 6 – шкаф управления

Процесс дробления исследовался при измельчении зерновых культур, минеральных добавок – хлористого и йодистого калия, а также известняка, который входит в рацион птиц. Эксперименты показали, что измельчители способны измельчать не только сухое зерно (рис. 4, а), но и влажное, что весьма актуально для малых фермерских хозяйств, где нет зерносушилок. При переработке влажного зерна наблюдается экструзионное измельчение, при котором из отверстий сменной решетки продукт выходит в виде «гранул» или «жгутов» (рис. 4, б-г). Диаметр «жгутов» определяется размером d_p отверстий в решетке.

На вид готового продукта существенное влияние оказывают влажность исходного сырья, а также температура и давление, возникающее в полостях размола. Для процесса гранулирования, необходимо обеспечить зерну влажность – 18-25 %, при этом в зоне размола (установившийся режим) температура должна быть не более 50-60 °С, а давление – от 3,0 до 4,0 МПа.

Для реализации процесса экструдирования необходимо продукту создать температуру от 120 до 140 °С и давление в зоне размола от 3,0 до 5,0 МПа. Данные величины были зафиксированы в ходе предварительных экспериментов.



Рис. 4. Виды готового продукта:

- а) измельчение сухого овса, $d_p = 5,0 \text{ мм}$; б – гранулы овса, $d_p = 3,0 \text{ мм}$;
 в – жгуты ячменя, $d_p = 8,0 \text{ мм}$; г – жгуты пшеницы, $d_p = 8,0 \text{ мм}$

Следует сказать, что если производительность измельчителя при заданной частоте вращения шестерни ($n_1 = 750 \dots 1500 \text{ об / мин}$) в основном определяется проходным отверстием D_{dz} загрузочного дозатора, установленного на выходе бункера, то качество измельчения и вид получаемого продукта (рис. 4) определяются сменной решеткой с отверстиями размером d_p , которые имеют специальный вид, а их количество равно n_p .

Для экспериментального исследования технологических возможностей измельчителей использовали контрольно-измерительную и регистрирующую аппаратуру, которая включала в себя датчик частоты вращения приводного вала, ИК-термометр, цифровой таймер, электронные весы GF-600, набор сит, влагомер, датчик давления, а также электронные штангенциркуль и микрометр.

При исследовании процесса измельчения (гранулирования) зернового продукта, была разработана методика, которая установила ряд параметров, влияющих на качество и производительность работы измельчителей.

В качестве *исходных параметров* принимали частоту вращения приводного вала – $n_1, \text{об / мин}$; отверстие дозатора $D_{dz}, \text{мм}$; количество отверстий n_p и диаметр отверстий $d_p, \text{мм}$, в сменной решетке; исходное сырье: масса $m, \text{кг}$; размеры фракций $a \times b, \text{мм}$; температура $t_1, ^\circ\text{C}$ и влажность сырья, %.

Выходными параметрами являлись: вид полученного продукта – «размол» либо «экструзия»; масса $m_1, \text{кг}$; размеры фракций продукта $a_1 \times b_1, \text{мм}$; время измельчения – $T, \text{с}$; производительность $Q = \frac{m}{T}, \text{кг / ч}$;

степень измельчения $I = \frac{a_{cp}}{a_{1,cp}} \cdot 100\%$.

Здесь a_{cp} – средневзвешенный размер частиц (зерен) исходного сырья; $a_{1,cp}$ – средневзвешенный размер частиц измельченного (сухого) продукта.

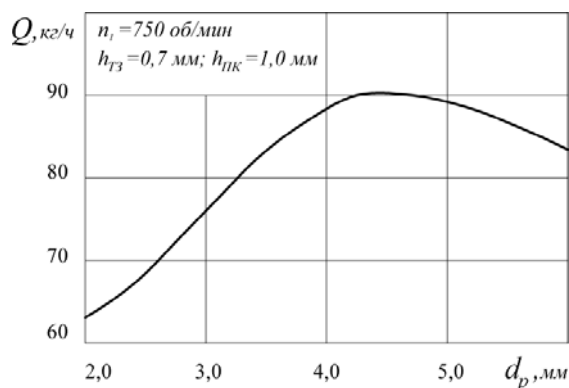


Рис. 5. Производительность измельчения

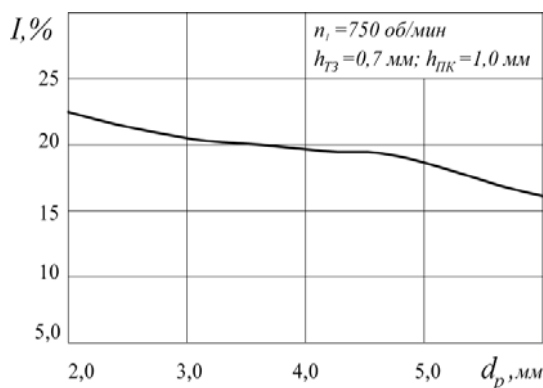


Рис. 6. Средняя степень измельчения

В ходе экспериментального исследования технологических характеристик измельчителя ИТЗ-01 было установлено, что с увеличением частоты вращения шестерни n_1 производительность измельчения возрастает, но вместе с этим возрастает и температура внутри камеры размола, которая оказывает существенное влияние на экструзионный процесс измельчения влажного зерна. Для стабилизации режима экструзионного измельчения необходимо устанавливать частоту вращения шестерни $n_1 = 750 \text{ об / мин}$, в сменной решетке диаметры отверстий должны быть равны $d_p = 3,0 \dots 5,0 \text{ мм}$, проходное сечение дозатора должно обеспечивать оптимальную производительность (рис. 5).

Анализ результатов измельчения сухого сырья, в частности известняка, показал, что основным фактором, определяющим среднюю степень измельчения является диаметр d_p отверстий в решетке (рис. 6).

Влияние таких параметров, как зазор в торцевой передаче $h_{ТЗ}$ и зазор между колесом и решеткой $h_{ПК}$, неоднозначно. С увеличением зазора $h_{ПК}$, значительно понижается степень измельчения продукта, а поэтому к выбору этого параметра необходимо подходить с учетом температурных деформаций элементов измельчителя. С уменьшением величины торцевого зазора $h_{ТЗ}$ повышается степень измельчения и возрастает износ зубьев шестерни.

Данные конструкции защищены патентами РФ, и в настоящее время продолжаются работы по исследованию эксплуатационных характеристик и по расширению области применения универсальных измельчителей, использующих специальные зубчатые передачи.

Работа выполнена в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (ГК №02.740.11.0044).

ББК 65.290-2

ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА МАЛОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Ю.В. Кокорина

Научный руководитель О.А. Гаврилова

Сибирский федеральный университет

Сегодня невозможно преуспеть на рынке, если на предприятии не создана система управления качеством. Сертификат, полученный на систему менеджмента качества (СМК), свидетельствует о том, что независимо от каких бы то ни было условий, предприятие всегда будет поставлять только качественную продукцию.

Компания «Мобилон» занимается предоставлением услуг IP-телефонии и монтажом коммуникаций, таких как пожарная, охранная система и т. д. Численность персонала 80 человек.

При внедрении системы менеджмента качества компания «Мобилон» столкнулась с необходимостью оптимизации системы управления. Обусловлено это двумя причинами: во-первых, на многих малых предприятиях, таких как «Мобилон», очень слабы СМК и, во-вторых, нет четкого понимания, что понятие «качество» связано напрямую с удовлетворенностью потребителя, а не с понятием оптимального производства, то есть с сокращением издержек и достижением поставленных целей.

Независимо от масштаба и сферы деятельности предприятию необходимо:

- заботиться о качестве процессов;
- разработать мероприятия для обеспечения обратной связи от потребителя для оценки его удовлетворенности.

Внедрив СМК, руководство компании заинтересовалось, как она функционирует, где происходят сбои в системе и как оценивать ее результативность. Результаты внутренних аудитов предоставляют такого рода информацию для анализа со стороны руководства организации, что позволяет разработать корректирующие действия и выявить возможности улучшения как отдельных процессов, так и системы в целом.

Целью проведения внутренних аудитов является проверка того, что СМК:

- соответствует установленным требованиям;
- результативно внедрена и поддерживается в рабочем состоянии.

Таким образом, объектом внутреннего аудита является вся СМК, а не деятельность конкретных сотрудников организации.

Процесс обратной связи с потребителями – наиболее важная часть системы управления качеством. Обратная связь от потребителя – один из основных показателей, по которым можно судить об общей результативности СМК.

Большинство измерений удовлетворенности потребителя проводится на основе четырех- или пятибалльной шкалы: «очень удовлетворен», «удовлетворен», (воздержался), «не удовлетворен», «очень не удовлетворен». Как правило, удовлетворенность выражают величиной процента, который среди оценок, выставленных потребителями, составляют оценки «очень удовлетворен» и «удовлетворен». К сожалению, это ведет к довольно грубому измерению. Большинство компаний получают 75-85 %. Даже плохо работающие организации легко могут наблюдать 60 %. Трудность состоит в том, что при таком исследовании очень сложно разглядеть улучшения, происходящие из года в год. Точность исследования такова, что изменения в один или два процента находятся в пределах статистической погрешности вычислений и не означают реальных изменений, тогда как большинство компаний готовы прилагать усилия, чтобы увидеть улучшение выше одного или двух процентов.

Изучение удовлетворенности потребителя может быть связано не только с опросами. Стоит также обратить внимание на данные, полученные от альтернативных видов связи производителя с потребителем. Например, информация от торговых работников и данные о продажах, жалобах и благоприятных отзывах, возвратах, отказах и т. п., о проведении обслуживания или текущего ремонта и о заявках на гарантийный ремонт. Эти данные не обязательно должны быть обширными, тем не менее, при

правильном использовании, они могут способствовать построению целостной картины обратной связи с потребителем.

Итак, главными задачами при оценке результативности внедренной СМК компании «Мобилон» стали:

- разработка процесса внутреннего аудита, оценка результативности самого процесса внутреннего аудита и оценка результативности корректирующих и предупреждающих действий по результатам аудита;
- определение методов установления обратной связи с потребителем и разработка методики оценивания удовлетворенности потребителей.

УДК 006.05

АНАЛИЗ НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Е.В. Гончарова, Д.А. Андреев
Научный руководитель В.С. Секацкий
Сибирский федеральный университет

Технический уровень и качество значительной части продукции, выпускаемой предприятиями российской промышленности, определяют технические условия (ТУ). По техническим условиям поставляется около 40 % товарной продукции, производимой сырьевыми отраслями. Это наиболее мобильный нормативный документ, отражающий интересы потребителя и изготовителя. Он удачно ориентирован на рыночную экономику, помогает изготовителю оперативно учитывать нужды заказчика и требования государственных нормативных актов по безопасности, экологии и т. п.

Известно, что ТУ являются, как правило, базой для создания значительной группы стандартов. Требования к техническим условиям как нормативному документу, а также принципы их разработки и обращения аналогичны требованиям нормативных документов, входящим в национальную систему стандартизации.

В условиях развивающихся рыночных отношений, возникшей конкуренции появилась тенденция повышения уровня технических условий. Значимость технических условий в системе действующей в стране нормативной документации подтверждается и тем, что обсуждению этой темы периодически возвращаются специалисты и ученые-стандартизаторы.

Именно ТУ в полной мере отвечают целям принятия технических регламентов и стандартизации, включая повышение уровня безопасности жизни и здоровья граждан и охраны природы, обеспечение научно-технического прогресса, повышение конкурентоспособности продукции, рационального использования ресурсов, взаимозаменяемости продукции и др.

Технические условия, как правило, появляются в результате разработки новой продукции. Требования к ней еще не регламентированы в стандартах, а тем более в законах. В этом случае ТУ являются пионерным документом научно-технического прогресса и часто становятся предтечей государственного стандарта.

Ежегодно в информационном указателе «Технические условия», издаваемом издательством стандартов, публикуется информация примерно о 8 тыс. технических условий, разработанных вновь различными предприятиями, включая частных предпринимателей.

Общее число действующих ТУ на народнохозяйственную продукцию ориентировочно составляет около 600 тыс. документов. При этом по ТУ выпускается примерно 80-85 % пищевых продуктов, а в машиностроении – примерно 70-75 % продукции.

Технические условия – документы, в которых конкретный изготовитель добровольно устанавливает требования к качеству и безопасности конкретной продукции, необходимые и достаточные для её идентификации, контроля качества и безопасности при изготовлении, хранении и транспортировании.

Необходимость в разработке технических условий возникает:

- при отсутствии национального стандарта Российской Федерации (ГОСТ Р) или межгосударственного стандарта (ГОСТ), действующего в Российской Федерации;
- при наличии государственного стандарта общих технических условий (технических условий), когда изготовителю необходимо уточнить или дополнить требования к конкретному объекту.

ТУ являются частью комплекта конструкторской документации на продукцию и содержат полный комплекс требований к выпускаемой продукции (маркам, типам, исполнениям и т. п.), ее изготовлению и контролю, поэтому разработка ТУ практически необходима изготовителям.

При любом условии разработки ТУ необходимо учитывать все требования, на соответствие которым будет проверяться продукция при подтверждении соответствия.

Для выявления требований, включаемых в технические условия, необходимо:

- определить код продукции по Общероссийскому классификатору продукции (код ОКП);

- определить форму подтверждения соответствия продукции установленным требованиям;

- проанализировать технические регламенты на продукцию;

- проанализировать национальные и межгосударственные стандарты.

Общероссийский классификатор позволит определить официальный статус продукции, т. е. определить ее код по ОКП. Кроме того, по данному документу можно найти аналоги разрабатываемой продукции.

Форма подтверждения соответствия на содержание ТУ не влияет. Однако если разрабатываемая продукция подлежит обязательной сертификации или декларированию, то можно найти нормативные документы, устанавливающие обязательные требования на разрабатываемую продукцию или ее аналоги.

Чтобы определить форму, по которой будет осуществляться подтверждение соответствия продукции, необходимо проанализировать следующие нормативные документы:

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 1 декабря 2009 г. № 982 «Об утверждении единого перечня продукции, подлежащей обязательной сертификации и единого перечня продукции, подтверждение соответствия которой осуществляется в форме принятия декларации о соответствии»;

2. Соответствующий технический регламент, например, «О безопасности машин и оборудования» при разработке ТУ на изделие, относящееся к машинам или оборудованию.

Постановление Правительства Российской Федерации от 1 декабря 2009 г. № 982 дает возможность определить форму подтверждения соответствия: обязательная сертификация или принятие декларации о соответствии, но ссылки на конкретные нормативные документы, определяющие требования к ней, в этом перечне отсутствуют.

В технических регламентах могут приводиться перечни продукции подлежащей обязательной сертификации и декларированию соответствия, перечни схем сертификации и декларирования, а также выявлены и идентифицированы виды опасностей.

Для выявления нормативного документа, содержащего требования на продукцию, на переходном этапе можно пользоваться следующими документами:

1. Постановление Государственного комитета Российской Федерации по стандартизации и метрологии от 30 июля 2002 г. № 64 «О номенклатуре продукции и услуг (работ), подлежащих обязательной сертификации, и номенклатуре продукции, соответствие которой может быть подтверждено декларацией о соответствии»;

2. Информация о продукции, подлежащей обязательному подтверждению соответствия (в форме обязательной сертификации и в форме

принятия декларации о соответствии) с указанием нормативных документов, устанавливающих обязательные требования, разработанные федеральной таможенной службой.

Постановление Государственного комитета Российской Федерации по стандартизации и метрологии от 30 июля 2002 г. № 64 утратило юридическую силу, однако ценная информация по конкретным нормативным документам в нем осталась. Особенно важен данный документ для переходного периода, пока не будут приняты все технические регламенты и пересмотрены национальные стандарты. Данное постановление с помощью кода ОКП позволяет выявить нормативную документацию, устанавливающую требования, которые должны быть подтверждены при обязательной сертификации или декларировании.

Федеральная таможенная служба разработала информацию о продукции подлежащей обязательному подтверждению соответствия в продолжение постановлению № 982. Данная информация позволит по коду ОКП определить определяющий нормативный документ и подтверждаемые требования данного документа при обязательной сертификации или принятии декларации о соответствии.

После определения обязательных требований и видов опасностей к продукции, необходимо определить все остальные требования, которые устанавливаются в технических условиях по ГОСТ 2.114: область применения, технические требования, требования безопасности, требования охраны окружающей среды, правила приемки, методы контроля, транспортирование и хранение, требования по применению (эксплуатации), гарантии изготовителя.

При наличии национальных стандартов общих технических условий или технических условий на данную группу продукции требования к конкретной продукции в технических условиях излагаются с учетом требований этих стандартов.

При уточнении или дополнении в технических условиях требований национальных стандартов общих технических условий или технических условий значения показателей не должны быть ниже (хуже) установленных техническими регламентами, национальными стандартами.

Требования, устанавливаемые в технических условиях, должны соответствовать целям и Законам Российской Федерации, требованиям других нормативных правовых актов Российской Федерации, национальным стандартам.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

УДК 621.777

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СПЛАВА АЛЮМИНИЯ С РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ МЕТАЛЛАМИ

В.М. Беспалов, Д.С. Ворошилов
Научный руководитель С.Б. Сидельников
Сибирский федеральный университет

Актуальным направлением исследования для создания новых технологий в области металлургии является получение пресс-изделий небольшого поперечного сечения на нужды авиационной и космической промышленности из новых сплавов алюминия с содержанием редкоземельных металлов (РЗМ), в том числе с использованием методов совмещенной обработки. В представленной работе приведены результаты механических испытаний сплава алюминия с мишметаллом из редкоземельных элементов при разных режимах обработки. В связи с тем, что в настоящее время проводится патентование состава новых сплавов, далее данный сплав будет обозначаться как «экспериментальный» (в экспериментальном сплаве содержится смесь редкоземельных металлов в количестве около 5 %).

Анализ научно-технической литературы показал, что присутствие РЗМ в алюминиевых сплавах:

- улучшает жаропрочность;
- увеличивает устойчивость к коррозии;
- повышает вязкость сплава;
- повышает физико-химические свойства.

При исследовании механических свойств экспериментального сплава, варьировались следующие параметры:

- степень деформации;
- скорость деформации;
- температура обработки;
- методы получения деформированных полуфабрикатов.

В качестве методов получения деформированных полуфабрикатов были выбраны совмещенная прокатки и прессование (СПП); совмещенное литье, прокатка и прессование (СЛИПП). С помощью этих двух методов получали прутки диаметром 9, 7 и 5 мм.

Основными преимуществами совмещенных методов обработки являются следующие:

- снижение количества металлургических переделов;
- уменьшение этапов деформирования;
- высокая производительность по сравнению с классическими технологиями.

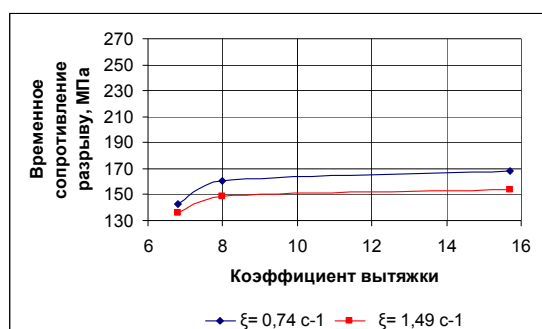
Завершающей операцией для получения проволоки диаметром 1 мм являлось холодное волочение на цепном стане без использования промежуточных отжигов. Такая технология позволяла получать деформированные полуфабрикаты, предназначенные для дальнейшего изготовления проводки электроники бортовых проводов самолетов и различных летательных аппаратов.

Механические свойства полученной продукции испытывались на универсальной электромеханической машине LFM 400 усилием 400 кН, позволяющей вести запись основных параметров (временное сопротивление разрыву σ_s и относительное удлинение δ) процесса на ЭВМ. Результаты исследований приведены на рис. 1, 2, где представлено сравнение между собой механических свойств прутков, полученных по методам СПП и СЛИПП из экспериментального сплава.

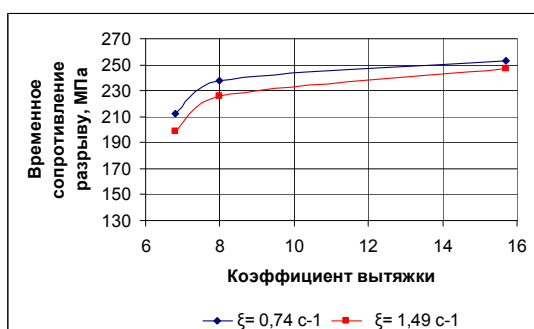
На рис.1 видно, что у прутков временное сопротивление разрыву при методе СПП в среднем ниже на 60-80 МПа, чем у прутков, полученных методом СЛИПП. Увеличение скорости деформации понижает временное сопротивление разрыву на 10-20 МПа как для прутков, полученных методом СПП, как и для прутков, полученных методом СЛИПП.

Из графиков на рис. 2 видно, что прутки, полученные методом СПП, имеют более высокие пластические свойства, чем прутки после метода СЛИПП. Относительное удлинение у прутков по методу СПП выше в среднем на 5-6 %, чем у прутков по методу СЛИПП. Также при СПП с увеличением скорости деформации, пластичность увеличивается, а при методе СЛИПП – наоборот, снижается.

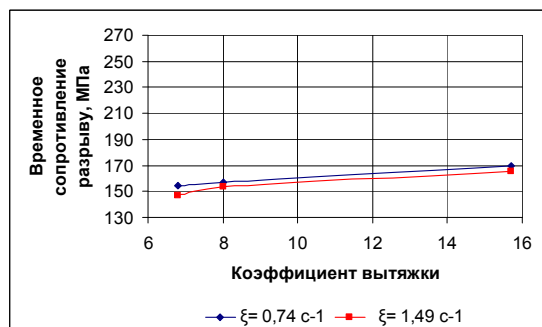
Сравнив прочностные и пластические характеристики прутков, полученных по методам СПП и СЛИПП, между собой, можно сделать вывод, что в целом прутки, полученные методом СПП, более пластичны. Это может быть объяснено тем, что однородное мелкозернистое строение заготовки из ЭМК, применяемой в процессе СПП, благоприятнее сказывается на пластичности на более поздних этапах деформирования, чем при процессе СЛИПП.



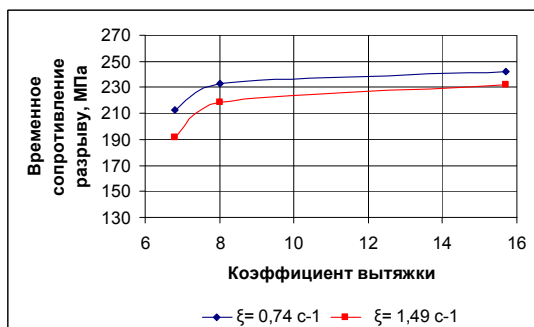
а



б

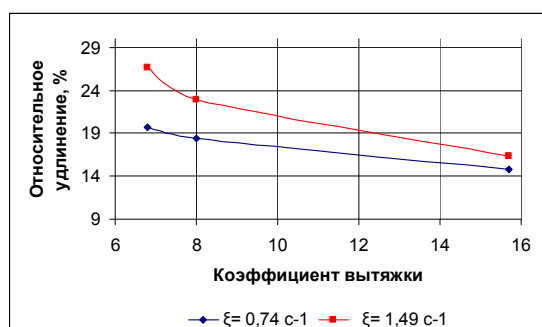


в

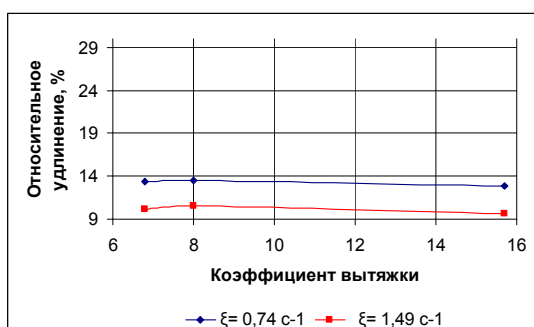


г

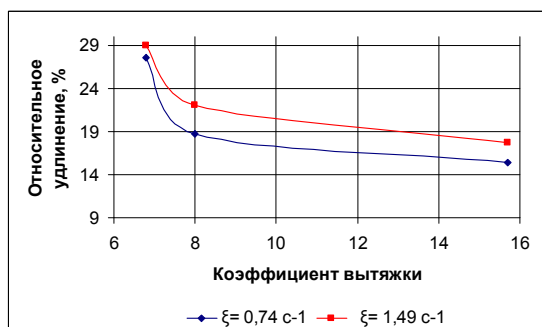
Рис. 1. Графики зависимости временного сопротивления разрыву от коэффициента вытяжки для прутков из экспериментального сплава; а, в – по методу СПП, температура заготовки 480 и 550 °С соответственно; б, г – по методу СЛИПП, температура расплава 750 и 780 °С соответственно; скорость деформации 0,74 и 1,49 с⁻¹



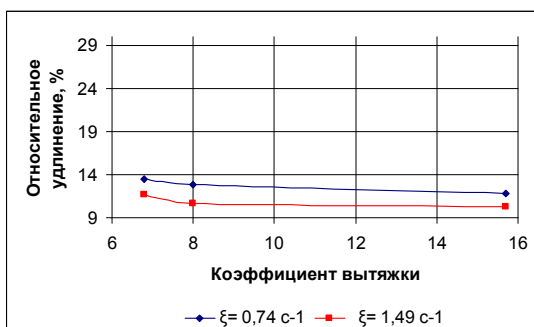
а



б



в



г

Рис. 2. Графики зависимости относительного удлинения от коэффициента вытяжки для прутков из сплава 01417; а, в – по методу СПП, температура заготовки 480 и 550 °С соответственно; б, г – по методу СЛИПП, температура расплава 750 и 780 °С соответственно

Результаты исследований будут использованы при разработке технологии прессования прутков для производства электрической проводки летательных аппаратов с заданным уровнем механических и электрофизических свойств в соответствии договором с Минобрнауки России №13.G25.31.0083 по созданию высокотехнологичного производства по теме «Разработка технологии получения алюминиевых сплавов с редкоземельными, переходными металлами и высокоэффективного оборудования для производства электротехнической катанки».

УДК 621.777

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НОВЫХ СПЛАВОВ АЛЮМИНИЯ С ПЕРЕХОДНЫМИ МЕТАЛЛАМИ

В.М. Беспалов, Р.Е. Соколов, А.С. Сидельников
Научные руководители С.Б. Сидельников, С.В. Беляев
Сибирский федеральный университет

Одним из важных направлений исследования в области создания новых металлургических технологий является получение пресс-изделий для электротехнических целей из новых сплавов алюминия с переходными и редкоземельными металлами, в том числе методами совмещенной обработки. В данной работе приведены некоторые результаты механических испытаний новых сплавов алюминия с цирконием при разных режимах технологии литья и обработки. В связи с тем, что в настоящее время проводится патентование состава новых сплавов, далее опытные сплавы обозначены №1, №2, №3, они отличаются содержанием циркония (в сплаве №3 содержание циркония в 1,7 раза выше по сравнению со сплавом №1 и в 1,25 раза по сравнению со сплавом №2).

Анализ научно-технической литературы показал, что присутствие циркония в алюминиевых сплавах:

- препятствует росту зерна при повышенных температурах;
- улучшает свариваемость, препятствует росту зерна в зонах рядом со сварным швом;
- уменьшает восприимчивость к коррозии под напряжением;
- повышает прочностные свойства сплава;
- уменьшает чувствительность к скорости охлаждения при закалке.

Основными параметрами, которые варьировали при исследовании механических свойств новых сплавов, кроме содержания циркония, были следующие:

- температура плавки и заливки металла;
- время выдержки расплава до разливки в изложницу;
- методы получения деформированных полуфабрикатов.

В качестве последних для получения прутка диаметром 9 мм были выбраны горячая сортовая прокатка (ГСП); совмещенная прокатки и прессование (СПП); совмещенное литье, прокатка и прессование (СЛИПП). Преимуществом совмещенных методов обработки является снижение количества металлургических переделов и этапов деформирования. Окончательной операцией для получения проволоки диаметром 2 мм являлось холодное волочение на цепном стане без промежуточных отжигов. Такая технология позволяла получать деформированные полуфабрикаты, предназначенные для дальнейшего изготовления электропроводов.

Испытания механических свойств проводили на универсальной электромеханической машине LFM 400 усилием 400 кН с записью основных параметров процесса на ЭВМ. Основными величинами, определяемыми в опытах на растяжение, являлись временное сопротивление разрыву σ_6 и относительное удлинение δ . Результаты исследований приведены на рис.1, где показана зависимость временного сопротивления разрыву от суммарной степени деформации (вытяжки μ). Анализ данного графика показывает, что уровень прочностных свойств достаточно высок. В литом состоянии ($\mu=0$) диапазон изменения значений временного сопротивления разрыву составляет 50 – 55 МПа. После горячей обработки литой заготовки методом совмещенной прокатки-прессования и получения прутка диаметром 9 мм значения увеличиваются до 110 – 130 МПа.

После холодной деформации и получении проволоки диаметром 2 мм прочностные характеристики увеличиваются до 220-230 МПа. Таким образом, по сравнению с катанкой из электротехнического алюминия марки А5Е, А7Е прочностные свойства возрастают в 1,5 раза.

Изменение пластических свойств опытных сплавов в зависимости от степени деформации показано на рис. 2. Значительное снижение пластических свойств характерно для холодной деформации, однако экспериментальные исследования показали, что обрывов при волочении не наблюдалось и отжига не потребовалось.

Влияние режимов литья показано на рис. 3,4. Видно, что увеличение времени выдержки расплава ведет к снижению прочностных свойств.

Увеличение температуры плавки и разливки металла незначительно влияет на прочностные свойства при небольших степенях деформации (см. рис. 4), однако с ее увеличением временное сопротивление разрыву растет для всех исследуемых сплавов.

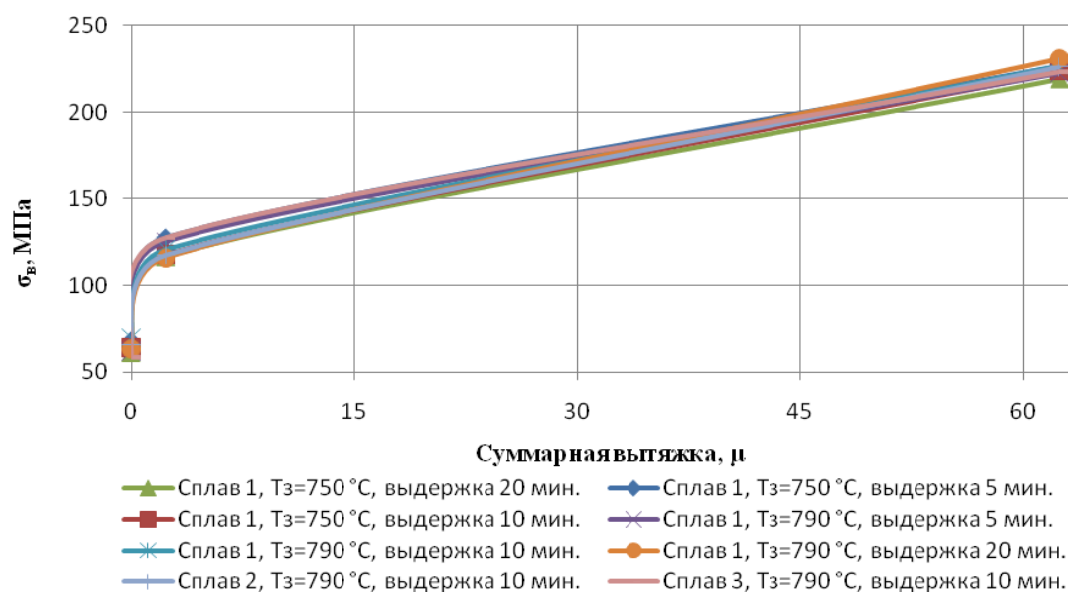


Рис. 1. Результаты испытаний прочностных свойств для новых сплавов алюминия

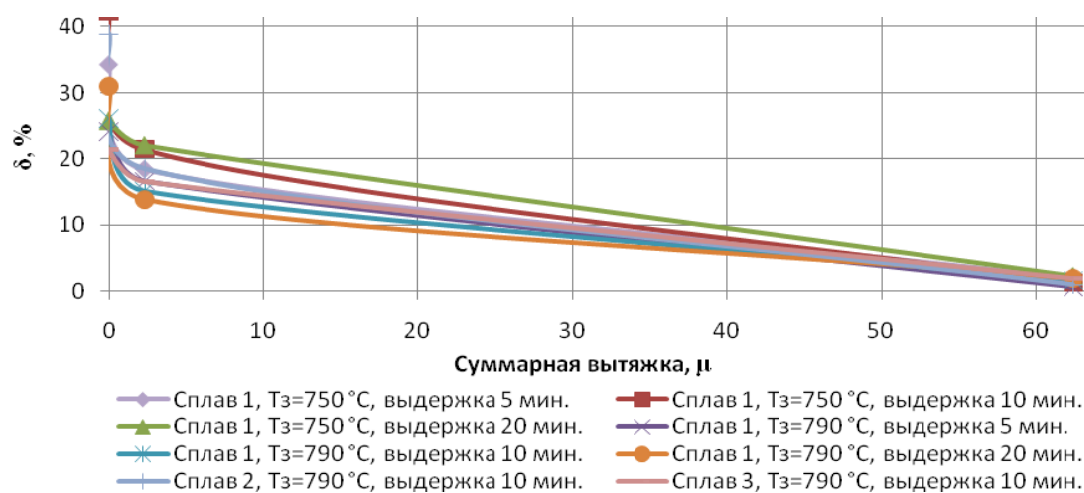


Рис. 2. Результаты испытаний пластических свойств для новых сплавов алюминия

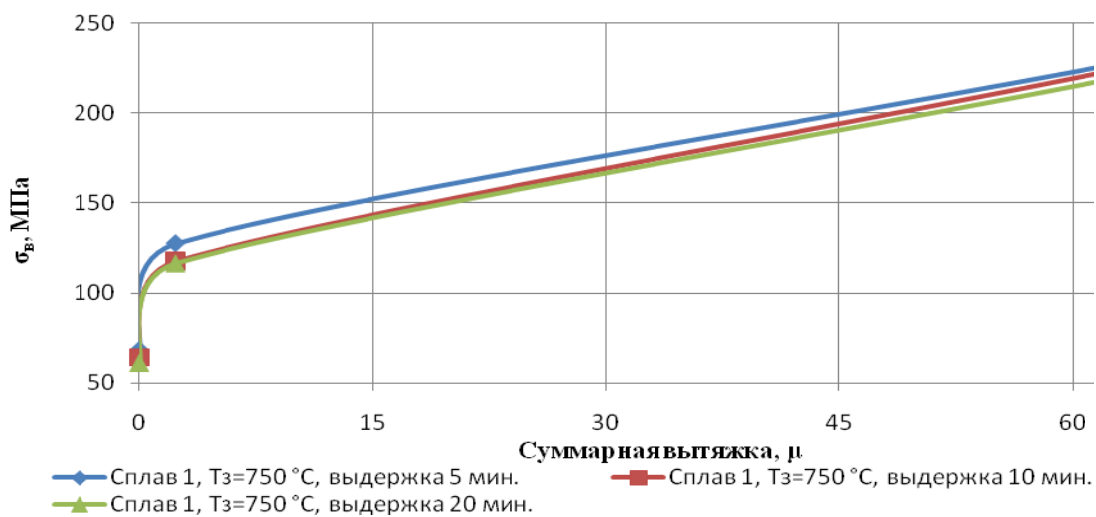


Рис. 3. Результаты испытаний прочностных свойств при изменении времени выдержки расплава

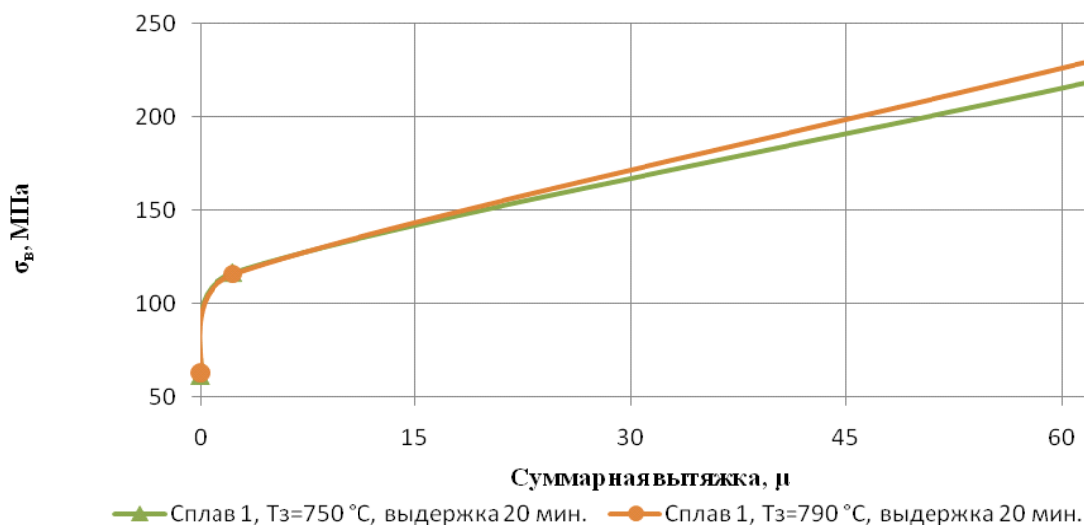


Рис. 4. Результаты испытаний прочностных свойств при различной температуре плавки и одинаковом времени выдержки

Следует отметить, что аналогичные зависимости механических свойств получены и для других методов обработки (ГСП и СЛИПП). Сравнительный анализ показал, что уровень механических свойств выше для процессов СПП и СЛИПП.

Результаты исследований будут использованы при разработке технологии прессования прутков для производства электропроводов с заданным уровнем механических и электрофизических свойств в соответствии договором с Минобрнауки России №13.G25.31.0083 по созданию высокотехнологичного производства по теме «Разработка технологии получения алюминиевых сплавов с редкоземельными, переходными металлами и высокоэффективного оборудования для производства электротехнической катанки».

УДК 621.777

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕФОРМИРОВАННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ, ПОЛУЧЕННЫХ В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА

Э.А. Рудницкий, В.М. Беспалов, А.Л. Трифоненков
Научный руководитель С.Б. Сидельников
Сибирский федеральный университет

На сегодняшний день в промышленности широко применяются сплавы на основе алюминия. Все чаще применяется алюминиевая кабельно-проводниковая продукция, что объясняется меньшей стоимостью деформированных полуфабрикатов в сравнении с медью.

В различных отраслях, где работа проводников электрического тока связана с повышенными температурами, нашли место сплавы алюминия с цирконием. При комнатной температуре механические свойства сплава алюминия с цирконием (до 0,4 %) и алюминия различаются мало, однако повышение температуры испытания до 200 °С приводит к заметной разнице в свойствах этих материалов: сохраняются высокие значения прочности и электропроводности. Исследования проволоки из алюминия и сплава с цирконием свидетельствуют о том, что проволока из сплава вполне может применяться при температуре 150 °С, в то время как максимально допустимая температура длительной эксплуатации твердой проволоки из алюминия не превышает 90 °С.

Современное состояние характеризуется наличием проволочных полуфабрикатов зарубежных фирм (J-Power Systems, Lumpi-Berndorf, 3М США), однако для их применения в России потребуется ряд процедур по сертификации и локализации продуктов, что является долгим и трудоемким процессом. Поэтому в настоящее время требуются разработка новых сплавов системы алюминий-цирконий, исследование существующих и разработка новых высокоэффективных технологий их обработки.

Действующее промышленное производство для изготовления катанки диаметром 9,5 мм включает литейно-прокатный агрегат, имеющий печь-миксер объемом 20 т, роторный кристаллизатор, прокатный стан с 14 клетями с горизонтально и вертикально расположенными валками и двумя моталками. Масса плавки достигает 9,3 т, температура расплава в миксере составляет 740-750 °С, перед фильтром в роторный кристаллизатор 710-720 °С. Закристаллизовавшийся металл поступает на непрерывный сортопрокатный стан на выходе из которого получают катанку заданного диаметра. Температура прутка на выходе 310-320 °С. Изменение геометрических размеров деформированных полуфабрикатов по переходам показано на рис. 1.

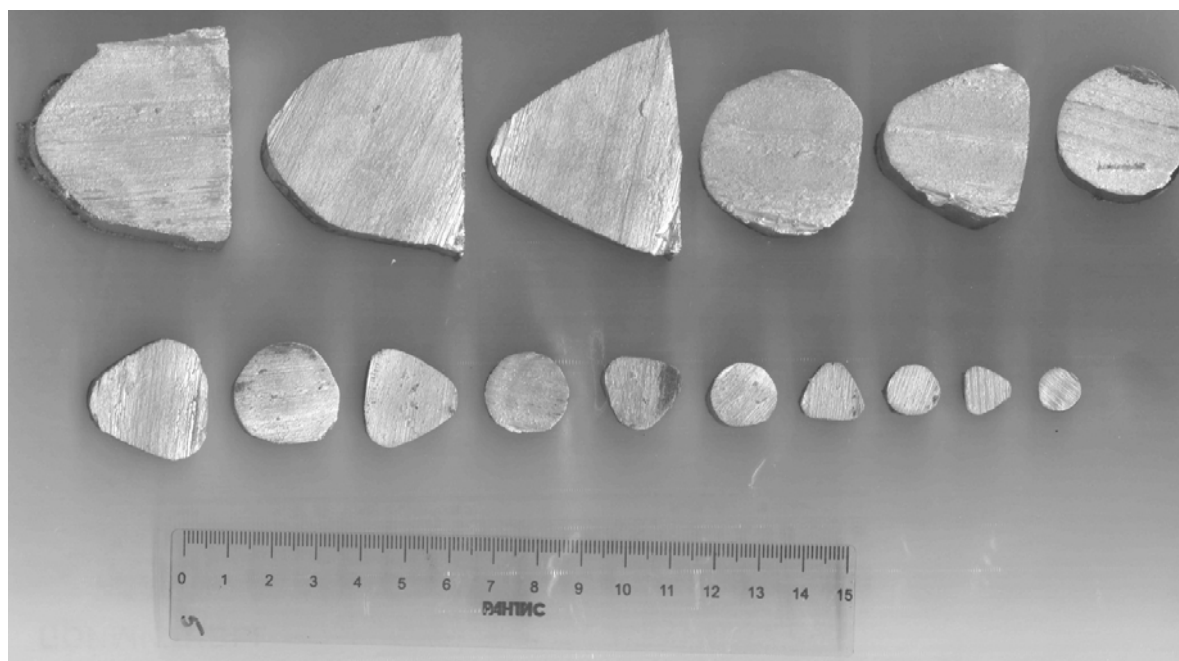


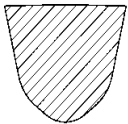
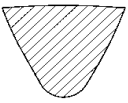
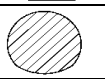
Рис. 1. Темплеты деформированных полуфабрикатов по переходам прокатке

Сотрудниками Сибирского федерального университета разработана серия сплавов системы алюминий-цирконий, содержащей циркония не более 1,0 % масс. Сплавы различных химических составов были получены в промышленных условиях на ОАО «ИркАЗ» различными плавками: плавка 3742 (сплав АЦЕ-1), плавка 3744 (сплав АЦЕ-2) и плавка 3743 (сплав АЦЕ-

3). Масса одной плавки достигала примерно 9, что позволяло получать до пяти бухт готовой катанки сечением 9,5 мм массой порядка 1600 кг.

В процессе опытных плавов и сортовой прокатки отбирали образцы для исследований механических свойств. Для изучения влияния механических свойств в зависимости от деформации (суммарной вытяжки) определены площади сечений, представленные на рис. 2, путем оцифровки сканированных поперечных сечений. В табл. 1 представлены поперечные сечения полуфабрикатов по ходу деформации, определена суммарная деформация от литой заготовки до конечного сечения и указаны прочностные и пластические свойства сплава.

Таблица 1. Механические свойства плавки 3744

№ п/п	Форма поперечного сечения	Площадь поперечного сечения, мм ²	Суммарная вытяжка, $\lambda_{\text{сум}}$	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	Временное сопротивление разрыву σ_b , МПа	Относительное удлинение δ , %
0		1696,15	0	49,7	89,4	39,4
1		1412,75	1,2	44,4	90,9	47,5
2		1138,00	1,5	49,2	96,8	48,2
3		894,4	1,9	49,2	101,9	42,2
4		683,2	2,5	50,0	105,6	41,9
5		563,8	3,0	51,3	108,8	39,0
6		436,0	3,9	54,0	110,8	37,3
7		352,0	4,8	55,0	113,4	33,8
8		281,5	6,0	52,9	115,4	32,7
9		219,8	7,7	54,5	117,8	34,8
10		174,2	9,7	49,7	119,8	32,6
11		144,6	11,7	67,6	122,9	26,6
12		109,2	15,5	71,3	126,4	22,8
13		89,6	18,9	79,2	130,6	20,7
14		70,8	23,9	80,8	131,9	19,7

Исследование механических свойств проводили на испытательной машине Walter+Bai AG LFM400 («Walter+Bai AG», Швейцария) методом статических испытаний на растяжение. В качестве образцов для испытания использовали выточенные гантели на металлорежущем станке, использование которого исключает возможное изменение свойств металла при нагреве или наклепе, возникающее в результате механической обработки. Образцы соответствуют ГОСТ 1497-84. Условия проведения испытаний были выбраны одинаковыми для всех опытов: температура 22-25 °С, скорость деформирования 20 мм/мин, длина рабочей зоны составляет 30-40 мм.

Исследование пластических свойств литой заготовки и заготовки после первого прохода плавки 3744 при незначительном увеличении временного сопротивления разрыву с 89,4 до 90,9 МПа также показывает рост относительного удлинения с 39 до 49 %. Подобный рост пластических свойств можно объяснить дроблением структуры слитка в результате горячей деформации.

Проведенные испытания позволили построить графики и определить закономерность изменения механических свойств в зависимости от вытяжки деформированного сплава. На основании результатов проведена аппроксимация полученных данных, результаты представлены на рис. 2. На графиках приведены уравнения для расчетов требуемых механических свойств в зависимости от вытяжки.

Предел текучести сплава плавки 3744 при малых вытяжках (до 3,0) повышается незначительно с 44,4 до 51,3 МПа (примерно на 13 %), при увеличении вытяжки до 23,9 предел текучести увеличивается на 45 % до 80,8 МПа. Временное сопротивление разрыву с увеличением вытяжки равномерно возрастает, так, при малых вытяжках повышается с 89,4 до 108,8 МПа (на 17 %), при увеличении вытяжки до 23,9 временное сопротивление разрыву увеличивается до 131,9 МПа (на 32 %). Незначительное увеличение прочностных характеристик при больших степенях деформации (при вытяжке 23,9 степень деформации достигает 96 %) связано с температурой обработки металла, превышающей 320 °С. В общем случае временное сопротивление разрыву выше значений предела текучести на 40-70 МПа. Несмотря на незначительное изменение прочностных свойств, пластические характеристики снижаются практически в 2,5 раза, при этом относительное удлинение падает с 48,2 до 19,7 %.

Помимо влияния режимов деформации (суммарной вытяжки) на изменение свойств изучали изменение механических свойств в зависимости от химического состава с учетом места отбора образцов. Средние значения механических свойств образцов, отобранных от начала (1,3) и конца (2, 4, 5) прутка представлены в табл. 2.

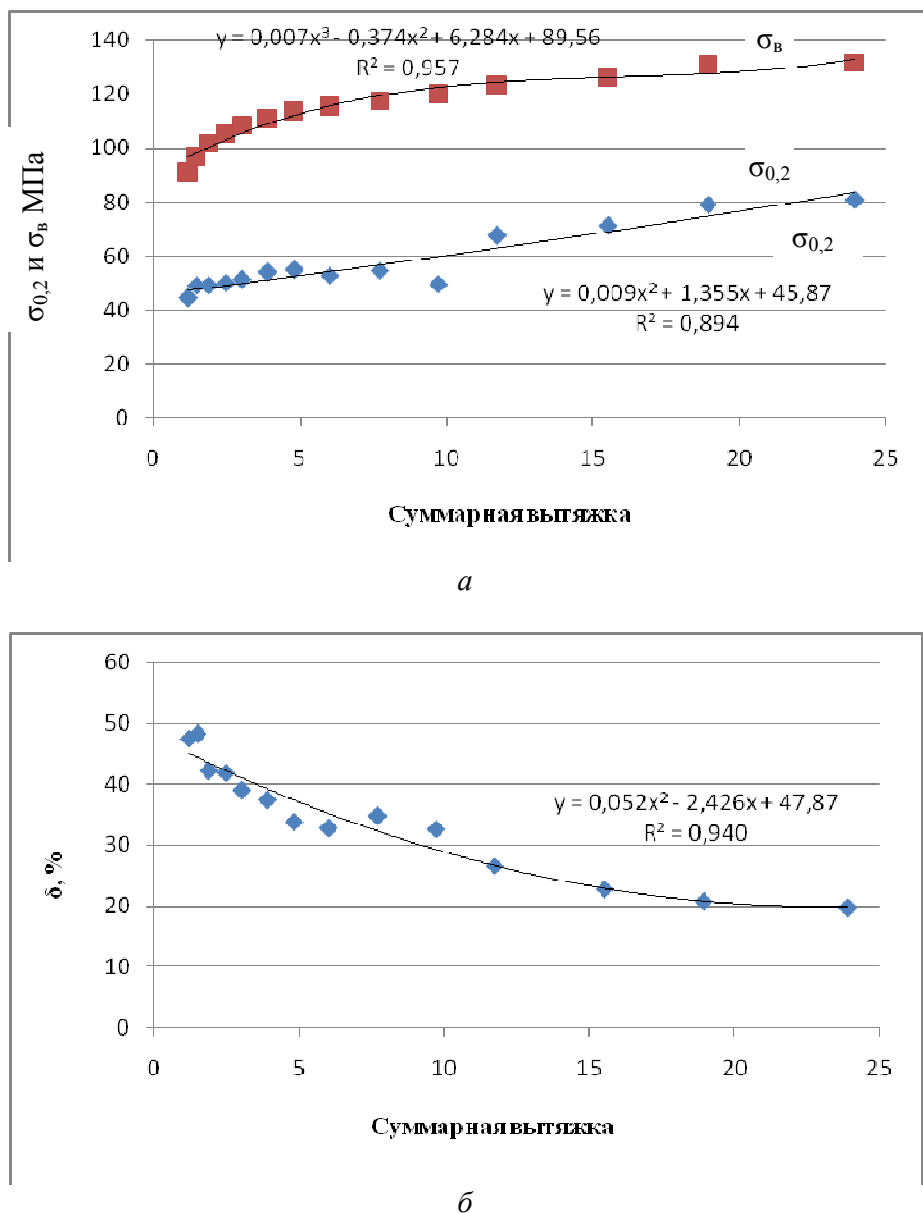


Рис. 2. Прочностные (а) и пластические (б) характеристики плавки 3744

Таблица 2. Средние значения механических свойств алюминиевых сплавов

№ п/п	Плавка	Сплав	Место отбора образца	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	Временное сопротивление разрыву σ_B , МПа	Относительное удлинение δ , %
1	3742	АЦЕ-1	Начало	93,0	126,3	18,6
2			Конец	82,2	125,7	19,7
3	3744	АЦЕ-2	Начало	95,9	128,1	23,1
4			Конец	88,8	126,9	22,4
5	3743	АЦЕ-3	Конец	88,7	129,2	20,4

Уровень прочностных характеристик в начале прутка, полученного на литейно-прокатном агрегате, выше в сравнении с его концом (сплав АЦЕ-1, АЦЕ-2). Уровень пластических свойств сплавов АЦЕ-1, АЦЕ-2 в начале и конце прутка практически одинаков. С увеличением циркония в сплаве (АЦЕ-1, АЦЕ-2, АЦЕ-3) увеличивается временное сопротивление разрыву с 125,7 до 129,2 МПа (образец 2, 4, 5).

Таким образом, в результате проведенных исследований определили, как изменяются показатели прочности сплава плавки 3744 при горячей обработке металла: предел текучести растет с 49,7 до 80,8 МПа, временное сопротивление разрыву увеличивается с 89,4 до 131,9 МПа, пластичность снижается в 2,5 раза. При анализе механических свойств различных составов сплавов установили, что увеличение циркония в сплаве ведет к увеличению прочности сплава.

УДК 622.7

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЖЕЛЕЗА И ПОПУТНЫХ КОМПОНЕНТОВ ИЗ ФОСФОРИТА ОБЛАДЖАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

И.И. Бакшеева, А.А. Глумова, З.П. Митасова

Научный руководитель В.И. Брагин

Сибирский федеральный университет

Фосфориты представляют собой осадочную горную породу, состоящую из различных минералов. Кроме фосфатных в состав фосфатных руд входят другие минералы, часть из них представляет собой попутные полезные компоненты (нефелин, сфен, магнетит, редко-металльные), а также примеси урана и входящие в состав фосфатов фтор и изоморфные примеси – стронций, редкоземельные элементы. Подавляющая масса фосфатного сырья (более 95 %) используется для получения фосфатных и комбинированных минеральных удобрений: суперфосфата, двойного суперфосфата, преципитата, аммофоса, нитрофоса, нитрофоски, термофосфатов, фосмуки; с этой целью трудно растворимые и плохо усваиваемые растениями природные фосфаты обрабатываются различными кислотами, спекаются со щелочными и другими соединениями, либо просто размалываются. Остальное количество фосфатного сырья идет на производство фосфора и фосфорной кислоты (а из богатых фтором апатитовых руд получают также кремнисто-фтористо-водородную кислоту) - исходных веществ для получения разнообразных химических соединений, используемых в металлургии, пиротехнике, органическом синтезе, производстве минеральных под-

кормок для скота и птицы, моющих и огнестойких веществ, спичек, лекарственных препаратов, инсектицидов, флотореагентов, матовых стекол и др.

Высокая обеспеченность фосфатной промышленности мира запасами сырья высокого качества предопределила подход к освоению месторождений, при котором требования к качеству сырья диктуются переработчиками природных фосфатов. В настоящее время складывается ситуация, когда неудовлетворенный спрос на фосфорные удобрения активизирует конъюнктуру рынка фосфатов и в то же время требования производителей не могут быть удовлетворены из-за отсутствия запасов фосфоритов общепринятого качества. Производство минеральных удобрений в России составляет 20 % суммарного объема товарной продукции химической и нефтехимической промышленности. В экспорте химической продукции минеральные удобрения составляют более 35 %, а для экспортных поставок обязательно соблюдение жестких требований качества концентратов и удобрений. Основным компонентом, определяющим качество фосфатных руд, является содержание в них пятиоксида фосфора (P_2O_5). Важную роль играет также процентное содержание полуторных окислов (FeO , Fe_2O_3 , Al_2O_3).

Целью представленного исследования является извлечение попутных полезных компонентов из фосфорита и фосфоритовых концентратов для увеличения их сортности. Объектом исследования выступали фосфориты Обладжанского месторождения, данное месторождение расположено в Батеневском кряже республики Хакасия, в 18 км северо-восточнее разъезда Туманный железной дороги Ачинск - Абакан. Основные рудные минералы-апатит, доломит. Относительное содержание фосфора составляет 23 %, железа - 1 %. По физическому состоянию фосфориты подразделяются на рыхлые, глинистые и каменистые. Рыхлые фосфориты распространены в водораздельной части месторождения, составляя в залежах Обладжана 30-95 %. Глинистые фосфориты преимущественно распространены в склоновых залежах, а каменистые отмечаются в виде щебнистых и глыбовых включений в массе рыхлого или глиноподобного фосфорита, главным образом в залежах Большого Обладжана, где их количество достигает 50-60 % объема горной массы. Это высококачественные фосфориты с содержанием 32-40 % P_2O_5 . По текстурным особенностям среди каменистых фосфоритов выделяются брекчиевые и полосчатые, кавернозные и крустификационные разновидности. Основным компонентом, определяющим качество фосфатного сырья, является содержание в нем оксида фосфора (P_2O_5). Для производства 18 %-го (по усвояемому P_2O_5) суперфосфата, в фосфатном сырье должно быть не менее 32-33 % P_2O_5 , что и определяет требования к качеству экспортного фосфорита. При переработке фосфатов на экстракционную фосфорную кислоту можно применять менее качественное сырье. Лимитируется также содержание полуторных окислов (Fe_2O_3 , Al_2O_3) и оксида магния, которое особенно жестко ограничивается для фосфатов, направляемых на кислотную переработку.

Содержание попутных компонентов в пробах фосфорита и продуктах его обогащения определялось методом масс-спектрометрии после вскрытия царской водкой по стандартной схеме, дополнительно все пробы были отправлены на рентгенофазовый анализ. Содержание золота в пробе определялось пробирным анализом. Установлено, что среди микропримесей в фосфорите Обладжанского месторождения наиболее распространены стронций, редкоземельные элементы. Неожиданным оказалось присутствие в промышленных количествах благородных металлов – золота (0,6 г/т) и палладия (4 г/т). Корреляционный анализ показал, что большинство микропримесей связано с оксидами железа. Имеющиеся литературные данные указывают на возможность нахождения в фосфорите промышленных количеств благородных и редких металлов. Связь этой минерализации с окислами железа обусловлена механизмом формирования карстовых фосфоритов.

Выявленная особенность редкометалльной минерализации – связь ее с оксидами железа – дает возможность ее извлечения методами магнитной сепарации. Для извлечения оксидов железа из фосфоритов был испытан метод высокоградиентной магнитной сепарации. Схема включала предварительное измельчение до крупности 0,5 мм, магнитную сепарацию на высокоградиентном сепараторе с заполнением шариками магнитной матрицы. Напряженность магнитного поля выбиралась в интервале от 120 до 220V. Оптимизированы условия измельчения, исследовано влияние на показатели обогащения напряженности магнитного поля и диаметра шаров магнитной матрицы. Ситовой анализ измельченной руды до крупности 0,5 мм показал, что наиболее высокое содержание золота находится в самом тонком классе – 0,040 мм.

Для извлечения золота из фосфорита и фосфоритовых концентратов была реализована серия опытов по флотации, в результате чего была доказана принципиальная возможность частичного извлечения золота и палладия методом флотации из фосфорита Обладжанского месторождения.

Основные результаты выполненных исследований:

1. Установлена возможность повышения качества фосфоритового концентрата за счет снижения содержания железа до нормативных значений (менее 0,4 %).
2. Установлена возможность снижения содержания в фосфорите стронция, редкоземельных элементов и радиоактивных элементов.
3. Показана принципиальная возможность частичного извлечения из фосфорита Обладжанского месторождения золота и палладия методом флотации.

Дальнейшие исследования по данной проблеме продолжаются в направлении повышения технологических показателей процесса и оптимизации его условий.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СМАЧИВАНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО СЫРЬЯ ОТ РЕЖИМОВ МЕХАНОСИНТЕЗА

**И.В. Чупров, А.Н. Жидков, С.И. Лыткина, А.В. Морозов,
Ю.О. Минлибаева, А.Л. Киселев**

Научные руководители Л.И. Мамина, Т.Р. Гильманшина
Сибирский федеральный университет

Целью данной работы являлось исследование зависимости краевого угла смачивания различных материалов от режимов их подготовки.

Краевой угол смачивания определяли методом лежащей капли, изучая форму капли глицерина, расположенную на горизонтальной поверхности подложки. Для определения краевого угла смачивания была разработана технология подготовки проб. Для этого в матрицу диаметром 30 мм и высотой 5 мм с одинаковым усилием запрессовывались исходные материалы и композиции.

В качестве подложки использовали графиты различного кристаллохимического строения (кристаллический графит марок ГЛ-1 и ГК и скрытокристаллический графит марки ГЛС-2) и бентонит карьерный и фабричный Черногорского месторождения. Выбор исходных материалов для исследования был обусловлен целесообразностью освоения минеральных ресурсов Красноярского края, для разработки из них новых материалов для литейного производства с перспективой реализации их выпуска в Сибирском регионе.

С целью получения новых высококачественных материалов и композиций проводили их механоактивацию в энергонапряженных мельницах (планетарно-центробежной мельнице АГО-2) при различном времени активации и соотношении материал – мелющие тела.

Результаты исследования краевого смачивания и работы адгезии графитов маслом и глицерином приведены в табл. 1.

Наибольшей смачиваемостью глицерином и маслом обладает графит ГЛ-1, наихудшей – графит ГК.

С увеличением времени активации до 20 мин краевой угол смачивания уменьшается до 140° , дальнейшее увеличение времени активации приводит к понижению угла до 120° , работа адгезии при 20 мин максимальна, а энергия смачивания минимальна.

Из полученных данных видно, что фабричный бентонит обладает лучшей смачиваемостью, чем карьерный. С увеличением времени активации смачиваемость бентонита увеличивается.

Таблица 1. Смачиваемость графита маслом (М) и глицерином (Г)

Графит	Время активации, мин	Краевой угол смачивания, град		Работа адгезии, Дж/м ²	
		Г	М	Г	М
ГЛ-1	исх.	97	60	0,055	0,053
ГК	исх.	105	80	0,046	0,041
ГЛС-2	исх.	100	75	0,052	0,044
ГЛС-2 А	5	110	60	0,041	0,053
ГЛС-2 А	10	115	70	0,036	0,047
ГЛС-2 А	20	140	83	0,015	0,039
ГЛС-2 А	30	121	68	0,030	0,048

В явлении смачивания немалую роль играет структура поверхности образца. Шероховатый, бугристый или пористый рельеф может ухудшить смачивание подложки жидкостью.

Смачиваемость снижается за счет того, что в сухом состоянии механоактивация приводит к повышению активности частиц. Запасенная частицами энергия создает отталкивающий эффект для растекания глицерина. При этом углеродные материалы (графит, сажа и другие), как известно, обладают плохой смачиваемостью вязкими жидкостями и удовлетворительной смачиваемостью такими жидкостями как вода и спирт.

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».

Сравнение полученных значений для различных жидких фаз показало, что смачиваемость графита маслом в 1,3-1,7 раз выше, чем глицерином. Полученные результаты можно объяснить различным поверхностным натяжением исследуемых жидкостей. Обладая меньшим поверхностным натяжением, масло легче проникает в поры графита.

В результате проведенных исследований установлено, что активация до 20 минут не позволяет добиться достаточной дисперсности и определяемые параметры изменяются незначительно с исходным ГЛС-2. Увеличение времени активации более 20 минут приводит к повышению активности частиц, т. е. повышению запаса потенциальной энергии Гиббса, следствием чего является агрегация частиц. Поскольку в результате агрегации частицы спекаются в неразрушаемые агрегаты, пористость образцов (таблеток отформованных) увеличивается, что приводит к снижению смачиваемости.

В табл. 2 приведены результаты исследований краевого угла смачивания бентонита краьерного и фабричного.

Таблица 2. Смачиваемость бентонита Черногорского месторождения маслом (М) и глицерином (Г)

Бентонит	Время активации, мин	Угол смачивания $\theta, ^\circ$		Работа адгезии, Дж/м ²	
		Г	М	Г	М
Карьерный	0,5	60	35	0,0938	0,064
	1	47	39	0,105	0,062
	2	54	45	0,099	0,054
	3	105	70	0,046	0,047
Фабричный	0,5	94	70	0,058	0,047
	1	100	40	0,052	0,062
	2	117	70	0,034	0,047
	3	125	95	0,027	0,032

Таким образом, по результатам проделанной работы можно сделать следующие выводы:

- установлено влияние время активации на изменение краевого угла смачивания графитов различного кристаллохимического строения и бентонита;
- определено, что с увеличением времени активации до 20 мин в мельнице АГО-2 краевой угол смачивания графитом глицерином и маслом снижается, при дальнейшем увеличении времени активации до 30 мин увеличивается.

УДК 671. 03

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ СПЛАВА
БЕЛОГО ЗОЛОТА, НЕ СОДЕРЖАЩЕГО НИКЕЛЬ**

А.И. Пряничникова, О.И. Латыпова
Научные руководители В.С. Биронт, А.А. Ковалева,
Е.С. Лопатина
Сибирский федеральный университет

В настоящее время на ювелирном рынке большой популярностью пользуются изделия из белых драгоценных металлов, и особенно из золота

белого цвета. Белое золото наилучшим образом подчеркивает изысканность и элегантность ювелирных украшений.

Белое золото – это сплав золота с палладием, серебром, никелем, цинком или платиной.

Медицинские исследования последних лет показали, что при контакте с кожей человека никель может вызывать аллергические реакции. Таким образом, изделия, изготовленные из сплава, содержащего никель, могут спровоцировать появление раздражения кожи (зуд, сыпь) у обладателей украшений.

Поэтому создание ювелирных сплавов белого золота, не содержащих никель, является на сегодняшний день актуальной задачей.

В табл. 1 представлен экспериментальный сплав белого золота 585-й пробы, не содержащий никель.

Таблица 1. Состав экспериментального сплава белого золота 585 пробы

Маркировка сплава	Химический состав сплава, массовая доля компонента, %								Расчетная плотность, г/см ³
	Au	Ag	Pd	Cu	Zn	Ni	In	Ru	
Сплав №1	58,5	26,0	8,0	5,5	1,5	-	0,5	0,01	15,63

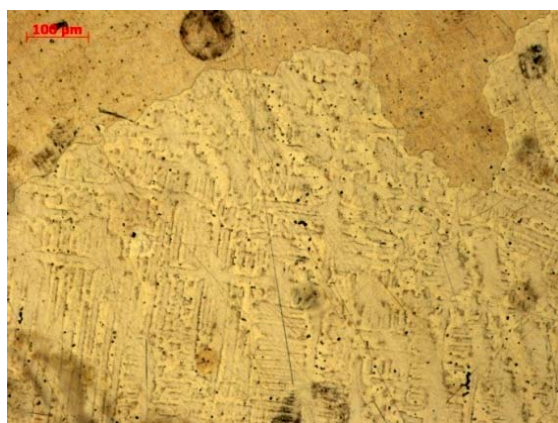
На полученной проволоке проведены металлографические исследования и определены механические свойства.

Микроструктура сплава №1 (табл. 1) в литом состоянии характеризуется дендритным строением. Внутреннее строение зерен связано с химической неоднородностью (дендритной ликвацией), разделяющей твердый раствор на области, обогащенные разными компонентами (рис. 1).

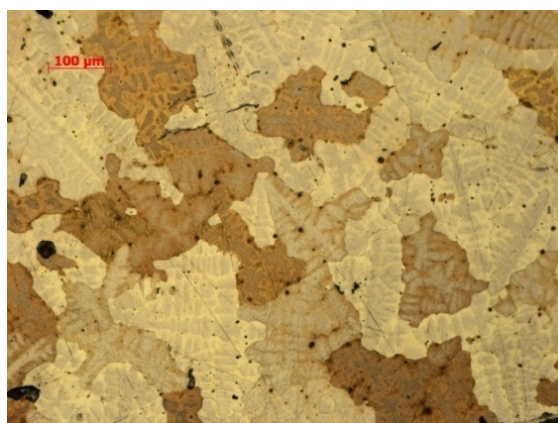
Микроструктура образца из начальной части слитка характеризуется крупнодендритным строением, а в конечной части слитка размер дендритных кристаллов в среднем составляет 69±10 мкм.

Механические свойства литых прутков приведены в табл. 2. Свойства начальной и конечной частей литого прутка практически не отличаются, что свидетельствует о стабильности структуры и свойств по длине литого полуфабриката.

При пластической деформации, а также при промежуточных и окончательном отжигах происходит преобразование литой структуры от дендритной химически неоднородной до однородной на конечном переделе. Это достигается в результате протекания рекристаллизационных процессов и постепенного выравнивания химического состава в микрообъемах от передела к переделу по мере осуществления пластической деформации и тепловых процессов при отжиге (рис. 2, 3).



a



б

*Рис. 1. Микроструктура литого сплава №1:
а – начало слитка, $\times 160$; б – конец слитка, $\times 160$*

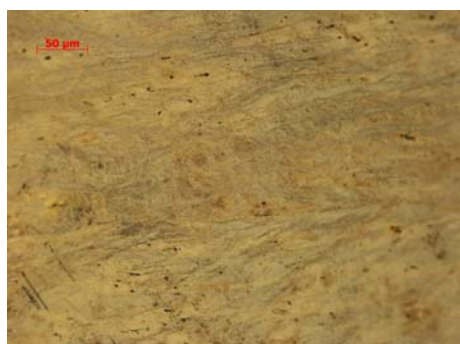
Таблица. 2. Механические свойства литых прутков

Состояние	Диаметр, мм	σ_b , МПа	δ , %	HV, кгс/мм ²
Начало литого прутка	6	561,2	27,9	202,9
Конец литого прутка		551,8	30,3	190,5

После первых проходов прокатки (при размере промежуточной заготовки 3,7 и 1,1 мм) хорошо просматривается волокнистая структура деформированного материала (рис. 2). После волочения до диаметра 0,9 мм (рис. 2, *з*) в структуре наблюдаются вытянутые в направлении деформации рекристаллизованные зерна, что связано с деформационными изменениями формы зерен, образовавшихся в результате промежуточного отжига на заготовке 1,1 $\times$ 1,1 мм. Увеличение степени деформации приводит к более сильному вытягиванию зерен по ходу деформации, и в проволоке конечного диаметра наблюдается тонкое волокнистое строение (рис. 2, *е*).

После отжига при 675 °С в течение 35 мин образуется полностью рекристаллизованная структура на всех диаметрах проволоки (рис. 3). Размер рекристаллизованного зерна в полуфабрикатах 3,7 $\times$ 3,7 и 1,1 $\times$ 1,1 составляет 17-18 мкм. Для заготовки 2,1 $\times$ 2,1 мм размер зерна несколько больше, в среднем 21 мкм.

Исследования микроструктуры и свойств сплава №1, модифицированного Ru 0,01, показали, что сплав имеет достаточно высокие механические свойства, хорошую технологичность, обеспечивающую получение проволоки диаметром 0,25 мм и высокие потребительские качества. Этот сплав не содержит никель, а следовательно, не вызывает появление контактной аллергической реакции у обладателей ювелирных изделий. Таким образом, результаты исследований дают возможность рекомендовать данный сплав для производства ювелирных украшений.



a



б



в



г



д



е

*Рис. 2. Микроструктура деформированных полуфабрикатов:
а – после прокатки, заготовка квадрат 3,7 мм × 320; б – после прокатки, заготовка квадрат 2,1 мм × 320; в – после прокатки, проволока 1,1 мм × 320; г – после малой степени деформации проволоки диаметром 0,9 мм, отожженной в проволоке 1,1 мм × 320; д – проволока диаметром 0,7 мм, × 320; е – после волочения, проволока 0,25 мм × 320*



а



б



в

*Рис. 3. Микроструктура промежуточных заготовок из сплава №1:
а – после отжига прокатанной заготовки квадрат 3,7 мм × 320; б – после отжига прокатанной заготовки квадрат 2,1 мм × 320; в – после отжига проволоки 1,1 мм × 320*

Механические свойства представлены в табл. 3.

Таблица 3. Механические свойства полуфабрикатов в деформированном и отожженном состояниях

Состояние	Размер, мм	σ_b , МПа	δ , %	HV, кгс/мм ²
Без отжига	3,7×3,7	942,4	3,6	227,7
	2,1×2,1	752,7	2,6	270,7
	1,1×1,1	660,5	1,9	264,5
	0,9	702,2	11,5	228,9
	0,7	803,5	7,1	260,0
	0,35	912,8	4,7	266,0
	0,25	878,8	3,6	273,0
Отожженные	3,7×3,7	449,7	35,0	124,5
	2,1×2,1	429,7	32,0	162,9
	1,1×1,1	433,9	25,0	148,8
	0,25	502,3	39,2	139,1

УДК 669.713

АНАЛИЗ РАСХОДА АНОДНОЙ МАССЫ АЛЮМИНИЕВОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА МЕТОДОМ ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ

Н.А. Шарыпов

Научные руководители П.В. Поляков, Т.В. Пискажова

Сибирский федеральный университет

Работа алюминиевого электролизера оценивается технико-экономическими показателями (ТЭП). В литературе встречаются зависимости, описывающие ТЭП как функцию от параметров электролиза, но не описываются зависимости от свойств сырья. Таким образом, актуальной задачей является нахождение зависимостей ТЭП от свойств сырья и параметров электролиза. Многие переменные процесса и сырья взаимозависимы, использование множественного регрессионного анализа ограничено. В последнее время в таких случаях стали применять специальные методы факторного анализа, например, метод главных компонент. Этот метод позволяет выделить главные из большого числа переменных, повлиявших на

ТЭП в анализируемый период времени, указать величину этого влияния и получить зависимости ТЭП от свойств сырья и параметров технологии. Основным достоинством метода является переход к новым независимым переменным. Новые переменные, называемые главными компонентами (ГК), выбираются на основе специальных критериев; в методе главных компонент этим критерием является максимум дисперсии исходной выборки данных. Первая ГК сравнивается с анализируемым ТЭПом, так как заключает в себе наибольшие изменения всей выборки данных.

Для анализа влияния свойств анодной массы (АМ) и технологических параметров электролиза на расход АМ методом главных компонент использовался ПП Statistica. Выборка состояла из 20 переменных, использовались среднемесячные данные с завода ОК «РУСАЛ» за 2009-2010 гг. (20 наблюдений).

Таблица 1. Объяснение дисперсии данных

Номера ГК	% общей дисперсии	Кумулятивный % общей дисперсии
1	26,39703	26,3970
2	19,63172	46,0288
3	14,93573	60,9645
4	8,82821	69,7927
5	6,47446	76,2671
6	5,48039	81,7475
7	4,56692	86,3145
8	3,83792	90,1524
9	3,13865	93,2910
10	2,46577	95,7568
11	1,27686	97,0337
12	1,16680	98,2005
13	0,64758	98,8480
14	0,60539	99,4534
15	0,38431	99,8377
16	0,13978	99,9775
17	0,01903	99,99
18	0,00345	100,00

В табл. 1 представлено объяснение новыми переменными (ГК) исходной выборки данных. В первом столбце располагаются номера ГК, во

втором – описываемые каждой отдельной переменной изменения в исходных данных (в процентах от всей дисперсии), в третьем – общее изменение, отображаемое ГК вместе.

Как видно из табл. 1, для описания 95 % изменений всей выборки требуется 10 ГК. Таким образом, можно использовать не 20 исходных переменных, а только 10 новых. За счет этого происходит сокращение размерности анализируемого массива данных. Так, в нашем случае ГК 1 несет в себе 26,4 % изменений исходных данных, а начиная с ГК 11 все новые переменные объясняют меньше 2 % данных.

В табл. 2 представлен вклад переменных свойств АМ и параметров электролиза в первые пять ГК.

Таблица 2. Вклад переменных в ГК

Параметр \ ГК	ГК1	ГК2	ГК3	ГК4	ГК5
Удельное электросопротивление (УЭС) АМ	0,032	0,131	0,001	0,050	0,003
Механическая прочность АМ	0,006	0,012	0,166	0,104	0,013
Пористость АМ	0,145	0,001	0,048	0,043	0,012
Содержание серы в АМ	0,000	0,001	0,169	0,001	0,086
Общая разрушаемость АМ	0,047	0,063	0,169	0,010	0,037
Окисляемость АМ	0,015	0,098	0,138	0,016	0,000
Осыпаемость АМ	0,063	0,018	0,108	0,072	0,061
Кажущаяся плотность АМ	0,085	0,068	0,016	0,097	0,022
Истинная плотность АМ	0,001	0,142	0,036	0,030	0,089
Выход летучих из АМ	0,004	0,050	0,014	0,026	0,439
Температура размягчения АМ	0,013	0,181	0,019	0,032	0,007
Коэффициент текучести (КТ) АМ	0,085	0,014	0,001	0,142	0,046
Зольность АМ	0,008	0,135	0,005	0,075	0,088
Удельный выход угольной пены	0,085	0,001	0,021	0,174	0,040
Анодная плотность тока	0,119	0,009	0,001	0,052	0,013
Температура электролита	0,149	0,004	0,002	0,015	0,009
Уровень электролита	0,031	0,062	0,043	0,014	0,028
Высота столба анода	0,112	0,011	0,043	0,047	0,006

Из табл. 2 видно, что в ГК1 внесли наибольший вклад следующие переменные: пористость (0,145); анодная плотность тока (0,119); температура электролита (0,149); высота столба анода (0,112). Эти переменные больше других повлияли на изменение расхода АМ за рассматриваемый период. Далее идут переменные которые внесли свой вклад в ГК2: УЭС (0,131); истинная плотность (0,142); температура размягчения (0,181); зольность (0,135). Часто переменные, имеющие наибольший вклад в ГК,

разделяются по некоторым свойствам процесса. Из табл. 2 видно, что в первую ГК внесли вклад в основном технологические параметры, за исключением пористости, которая является свойством анодной массы. Во вторую ГК вошли физические свойства сырья. В третьей ГК наблюдается выделение в основном химических свойств АМ.

Так как новые переменные, полученные в результате анализа с помощью МГК, независимы друг от друга, то на них можно строить множественную линейную регрессию:

$$\begin{aligned} \text{Расход АМ} = & 478,19 + 3,72 \cdot \text{ГК1} - 1,21 \cdot \text{ГК2} + 0,72 \cdot \text{ГК3} + 2,28 \cdot \text{ГК4} - \\ & - 2,02 \cdot \text{ГК5} + 0,8 \cdot \text{ГК6} + 0,67 \cdot \text{ГК7} + 0,9 \cdot \text{ГК8} + 1,03 \cdot \text{ГК9} + 0,46 \cdot \text{ГК10}. \end{aligned} \quad (1)$$

Уравнение (1) представляет МГК-модель, т. е. зависимость анализируемого параметра от новых переменных (расхода АМ от ГК).

Коэффициент аппроксимации данной модели равен 0,91, следовательно, модель обладает достаточно хорошей предсказательной способностью. МГК-модель – это окончательный результат метода главных компонент, но так как необходимо найти зависимость ТЭП от истинных переменных, то, выполняя обратный переход к истинным переменным, получим

$$\begin{aligned} \text{АМ} = & 478,19 - 697,9 - 4,21 \cdot \text{пористость} + 0,59 \cdot \text{осыпаемость} + \\ & + 20 \cdot \text{истинная плотность} - 15 \cdot \text{КТ} + 64,58 \cdot \text{зольность} + 0,13 \cdot \text{выход пены} + \\ & + 72 \cdot \text{анодная плотность тока} + 0,7 \cdot \text{температура электролита} - \\ & - 0,28 \cdot \text{уровень электролита} + 0,15 \cdot \text{высота столба анода} \end{aligned} \quad (2)$$

На рис. 1 представлена зависимость реального расхода АМ и расхода спрогнозированного по модели в истинных переменных.

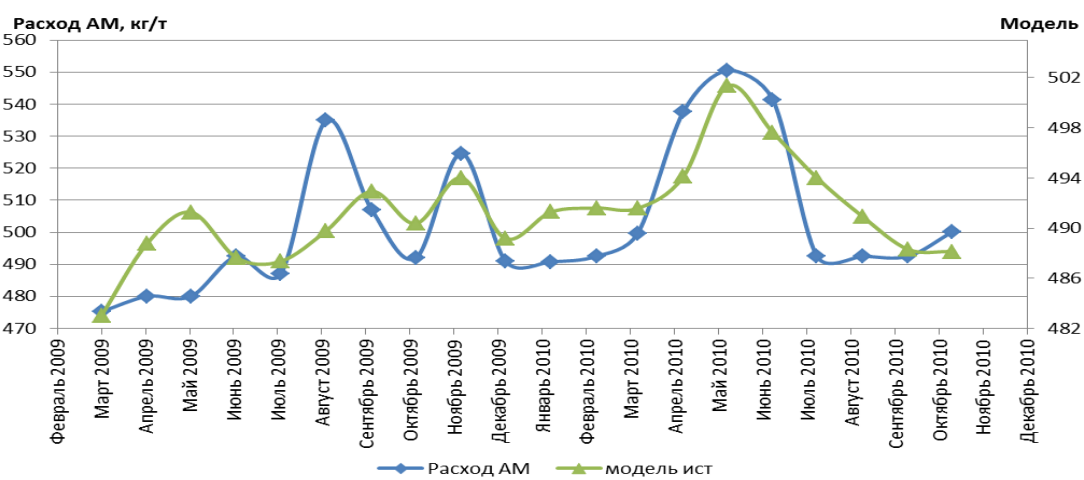


Рис. 1. Сравнение реального расхода анодной массы и расхода спрогнозированного по модели

Из рис. 1, видно, что до сентября 2009 г., модель плохо описывает поведение расхода анодной массы, но после сентября основные изменения расхода хорошо отображаются моделью. Количество наблюдений было статистически недостаточно для качественной модели. Включив в анализ больше данных, можно получить лучшую модель для прогноза расхода АМ.

Величина влияния некоторых переменных на расход АМ, полученная по уравнению (2) приведена в табл. 3.

Таблица 3. Полученные зависимости расхода АМ от переменных

Переменные сырья и процесса	Увеличение переменных на количество единиц измерения	Расход АМ, кг (увеличение «+», снижение «-»)
Пористость	1 %	- 4,2
Выход пены	10 кг	+1,3
Анодная плотность тока	0,1 А/см ²	+7,2
Температура электролита	10 °С	+7
Столб анода	10 см	+1,5

Таким образом, с помощью МГК можно оценивать влияние свойств сырья и переменных электролиза на технико-экономические показатели производства алюминия.

УДК 669.721.5

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПЛАВОВ МА14 И ZK60А
И ПОИСК ОПТИМАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ
ЗАГОТОВОК ДЛЯ ШТАМПОВКИ**

Т.А. Богданова, М.В. Кырмакова
Научный руководитель Г.А. Меркулова
ООО «Красноярский металлургический завод»
Сибирский федеральный университет

Применение магниевых сплавов ввиду их большой удельной прочности позволяет уменьшить массу деталей машин. В самолетостроении из магниевых сплавов изготавливают колеса и вилки шасси, различные рычаги, насосы и т. д. Также они нашли применение в конструкции автомобилей, особенно гоночных (колеса, картеры, крышки, маслопомпы); в прибо-

ростроении(корпуса и детали приборов, биноклей, кино- и фотоаппаратов). Благодаря высокой демпфирующей способности из магниевых сплавов изготавливают кожуха для размещения электронной аппаратуры управляемых снарядов.

Цель данной работы – обоснование возможности замены отечественного сплава МА14 на зарубежный ZK60A (система Mg-Zn-Zr) и поиск оптимальной технологии получения заготовок для изготовления крупногабаритных штамповок.

Работа выполнена на ООО «КраМЗ» и в лабораториях кафедры Митом ИЦМиМ СФУ. Исследованы 15 осажённых в «торец» заготовок с разной степенью деформации. Исходные заготовки были разбиты на 5 групп: 1) МА14, прессованный прутки $\varnothing$ 240 мм (маркировка на галетах 7,8,9); 2) ZK60A, литая заготовка $\varnothing$ 260 мм без дополнительной гомогенизации перед деформацией (маркировка на галетах 1-2, 2-2, 3-2); 3) ZK60A, литая заготовка $\varnothing$ 260 мм после дополнительной гомогенизации перед деформацией (маркировка на галетах 4, 5, 6); 4) ZK60A, литая заготовка после редуцирования $\varnothing$ 220 мм с температурой деформации 330 °С (маркировка на галетах P1, P2, P3); 5) ZK60A, литая заготовка после редуцирования $\varnothing$ 220 мм с температурой деформации 270 °С (маркировка на галетах P4, P5, P6).

В каждой группе взяли по 3 заготовки, отличающиеся степенью деформации: $\varnothing$ 290-310 мм; $\varnothing$ 360-400 мм; $\varnothing$ 505-590 мм.

В процессе деформации зафиксированы следующие усилия пресса для каждой заготовки: 200 атмосфер для заготовок 1-2, 2-2, 3-2; 100 атмосфер для заготовок 7, 8, 9, 4, 5, 6; 50 атмосфер для заготовок P1, P2, P3, P4, P5, P6.

После деформации все заготовки были собраны в одну садку и подвергнуты термообработке по серийному режиму старения: 175 °С в течение 16 ч. Затем были проведены исследования механических свойств и микроструктуры. Испытания проводили на 3 образцах в радиальном (долевом) и хордовом (поперечном по ширине) направлениях. Исследования микроструктуры выполнено на образцах в центральной и периферийной зонах галет.

Сравнительный анализ механических свойств образцов, отобранных в долевым (из центральной зоны заготовки) и широтном (из периферийных зон) направлениях показал, что наиболее стабильные свойства имеют образцы в широтном направлении. Это предполагает наследственную структуру исходной заготовки и значительную анизотропию свойств в центральной зоне заготовок с различной степенью деформации.

Поэтому показателями качества заготовок являлись характеристики временного сопротивления (σ_B), условного предела текучести ($\sigma_{0,2}$) и отно-

сительного удлинения(δ), полученные для образцов в хордовом направлении, что можно объяснить более высокой степенью проработки периферийных зон галет и подтвердить сравнительным анализом микроструктуры центра и периферии (рис. 1). Низкие значения прочностных свойств обнаружены у галет из сплава МА14.

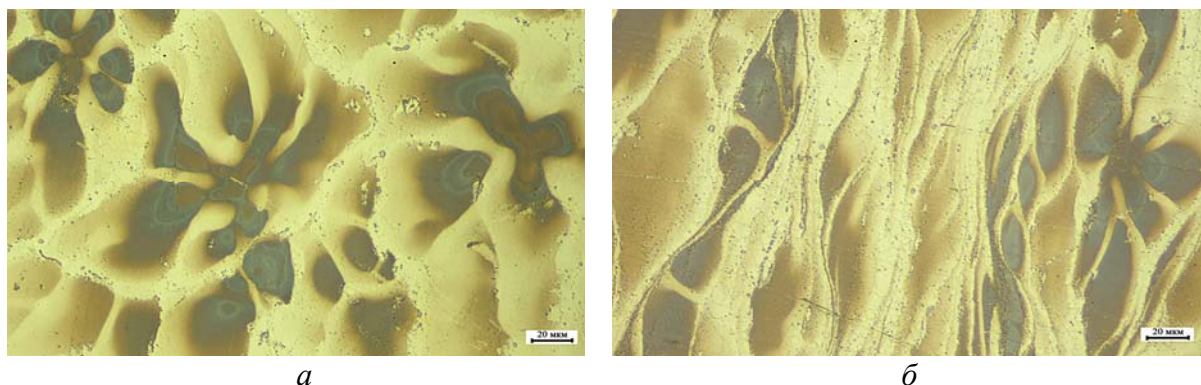


*Рис. 1. Микроструктура сплава ZK60A после дополнительной гомогенизации:
а – центр, б – периферия*

Высокий уровень относительного удлинения обнаружен у галет из сплава МА14, полученных с высокой и средней степенью деформации. Затем у заготовок после редуцирования, но только с высокой степенью проработки. Самую низкую пластичность имеют галеты всех групп с малой степенью проработки.

Для оценки стабильности свойств относительно выбора исходной заготовки показательным является анализ образцов в радиальном направлении. У образцов, отобранных из центральной зоны галет и прошедших операцию редуцирования, получены самые нестабильные результаты механических свойств относительно периферии.

Анализ микроструктуры подтвердил результаты анализа механических свойств заготовок. Периферийные зоны заготовок имеют более проработанную структуру. Микроструктура галет сплава ZK60A имеет признаки дендритной ликвации по цирконию. В структуре заготовок из сплава МА14 выявлены множественные нерастворимые интерметаллидные включения ZnZr.

Выводы:

1. Предложено крупногабаритные штамповки изготавливать из сплава ZK60A вместо МА14.
2. Перед деформацией рекомендуется проводить дополнительную гомогенизацию.
3. Разработана технология изготовления крупногабаритных штамповок, исключая операцию редуцирования.

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА И УЧЕБНОГО ПОСОБИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕТАЛЛУРГИИ»

В.А. Евстропов

Научный руководитель А.А. Буралков

Сибирский федеральный университет

В современной системе образования все активнее используются информационные технологии. В связи с этим динамично развивается система дистанционного образования, чему способствует ряд факторов, и, прежде всего – оснащение образовательных учреждений современной компьютерной техникой и развитие сетей Интернет.

Курс «Информационные технологии в металлургии» является одним из самых важных для студентов металлургических специальностей.

Ввиду отсутствия должной учебной литературы по курсу в связи с его постоянно меняющимся содержанием разработка электронного учебного пособия является задачей важной и актуальной. Такое пособие должно иметь удобный пользовательский интерфейс, быть ориентированным как на студента, так и на преподавателя, обеспечивать быстрый доступ к любой информации по курсу.

Для глубокого усвоения теоретического материала был разработан лабораторный практикум, который включен в электронное учебное пособие. Учебным планом предусмотрены, а в практикуме приведены следующие лабораторные работы:

1. Изучение устройства ЭВМ, системного блока РС и подключение к нему оборудования (в работе изложена информация по подключению внешних и внутренних устройств к системному блоку РС, устройство системного блока и материнской платы).

2. Изучение топологии, компоновки и аппаратуры компьютерных сетей: типы, топологии, компоновка (рассмотрены типы, виды, топология сетей, основные типы кабелей, беспроводные сети).

3. Передача данных в сети Ethernet и настройка рабочей станции в Windows XP (в работе представлены передача данных, структуры кадров, адресное пространство сети, сетевые протоколы, команды диагностики).

4. Программирование модуля LOGO! в среде LOGO SOFT COMFORT (работа содержит общие сведения о логических модулях LOGO!, программе LOGO SOFT COMFORT и языках программирования FBD и LD).

5. Изучение контроллера Octagon Systems (работа включает информацию о составе, функциях микроконтроллера Octagon Systems, модулях УСО и UNIO 48-5).

6. Компьютерные тренажеры для подготовки операторов технологических процессов, разработанные кафедрой ПМиАСУ. В их число входят тренажеры «Исследование вскрытия сырья жидкофазным хлорированием», «Аффинаж палладия», «Исследование процесса плавки в РТП», «Исследование процесса электролиза алюминия», «Исследование процесса спекания глинозема».

7. Изучение программного продукта Visio (работа включает в себя практическое задание для приобретения навыков черчения).

Для контроля знаний помимо теоретических вопросов в лабораторном практикуме предусмотрены практические задания, такие как программирование микроконтроллера LOGO! в среде LOGO SOFT COMFORT (рис. 1); компьютерные тренажеры (рис. 2), создание пробного чертежа в программном продукте Visio (рис. 3).

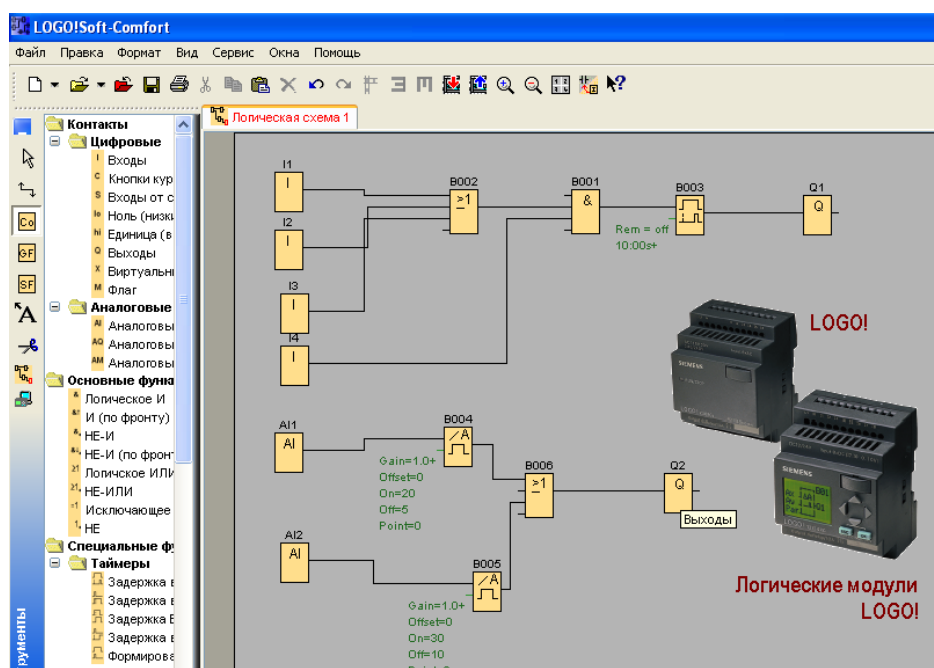


Рис. 1. Среда программирования LOGO SOFT COMFORT и лабораторный стенд микроконтроллера LOGO!

Для создания электронных учебных пособий целесообразно использовать Веб-технологии с представлением материала в виде интерактивных веб-страниц. Это позволяет обеспечить доступ к материалу электронного учебного пособия из любого места: из дома, кабинета, используя переносной компьютер, коммуникатор и даже мобильный телефон. При создании электронного учебного пособия по дисциплине «информационные технологии в металлургии» был использован программный продукт Macromedia Dreamweaver.

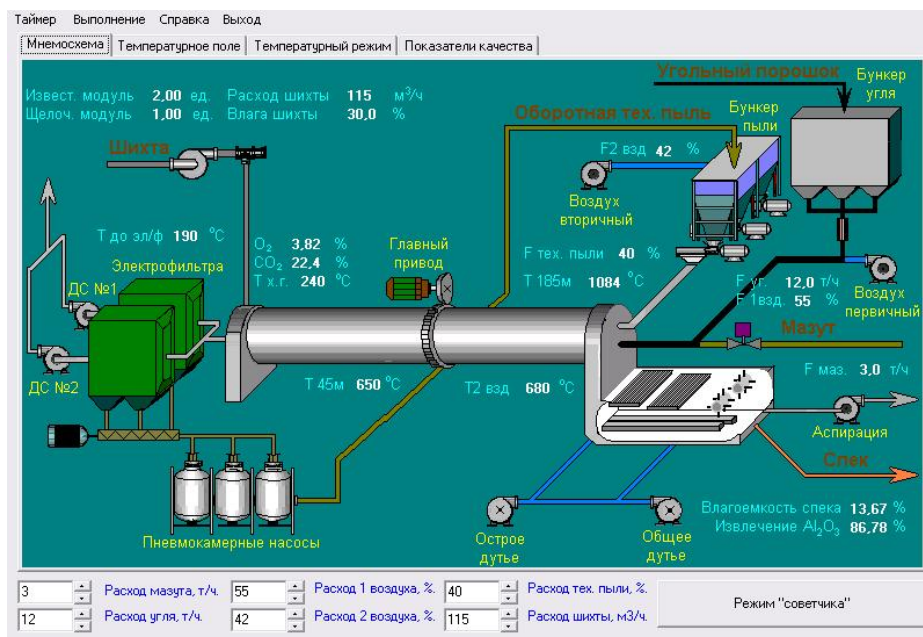


Рис. 2. Рабочая область тренажера
«Исследование процесса спекания глинозема»

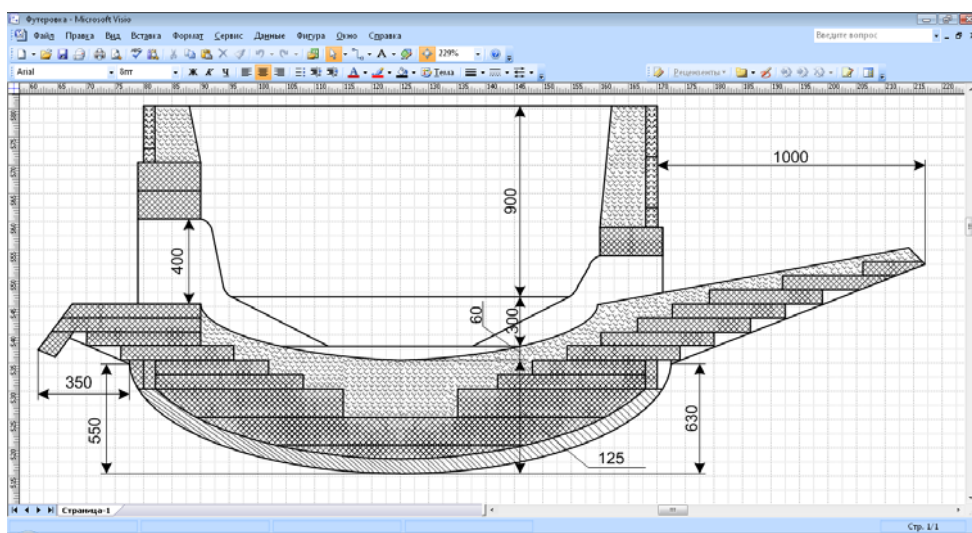


Рис. 3. Рабочая область программного продукта Visio

Пакет **Dreamweaver** фирмы **Macromedia** является профессиональным инструментом и предназначен для создания готового узла любой сложности с чистого листа и воплощения любых идей в реальность.

Интерфейс проектирования **Dreamweaver** снабжён плавающими инструментальными панелями, палитрами и библиотеками. При этом каждый элемент имеет собственное окно свойств. Он удобен в использовании, так как позволяет не только с легкостью проектировать дизайн сайта, используя визуальные методы, но и предоставляет необходимые средства для разработки качественных веб-приложений.

Электронное учебное пособие включает методические указания, рабочую программу, лекционный материал, лабораторные работы, программное обеспечение, дополнительный материал, экзаменационные вопросы.

Главная страница сайта электронного учебного пособия включает в себя два фрейма: 1) menu – меню сайта; 2) main – текстовая область.

На странице «Лекции» электронного учебного пособия представлен перечень лекционного материала в соответствии с учебной программой. Дисциплина «Информационные технологии в металлургии» изучается один семестр. Лекционный материал выполнен в формате Word 2007 *.docx, Power Point 2007 *.pptx и гипертекстовой разметки *.html.

Раздел «Лекции (презентации)» предназначен для преподавателя. С помощью этого раздела преподаватель сможет представлять лекции, составленные в Microsoft PowerPoint, на электронных досках с мультимедийным проектором и мониторах с большим экраном.

Для удобства изучения и выполнения лабораторных работ по дисциплине, в том числе и в домашних условиях, в раздел «Программное обеспечение по курсу» пособия включен полнофункциональный программный продукт LOGO SOFT COMFORT ver. 6, программный продукт для создания чертежей и технической документации Visio.

Раздел «Дополнительный материал» учебного пособия по дисциплине «Информационные технологии в металлургии» содержит расширенную информацию по лабораторным работам, а также дополнительные статьи и приложения.

Созданный лабораторный практикум внедряется в учебный процесс, начиная с весеннего семестра 2011 г.

УДК 620.192.47:621.746

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗНЫХ СПОСОБОВ РАФИНИРОВАНИЯ РАСПЛАВА НА КАЧЕСТВО СЛИТКОВ ИЗ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Al-Mg-Si

**Н.В.Окладникова*, Е.Н. Лындина, А.В. Мордвинова,
А.А. Беляева**

Научный руководитель Т.Н. Дроздова
Сибирский федеральный университет
**Литейно-механический завод «СКАД»*

Ввиду высокой химической активности алюминия и ряда легирующих элементов промышленная технология плавки и литья алюминиевых

сплавов не обеспечивает получения чистых заготовок. В заготовках в том или ином количестве всегда присутствуют неметаллические включения (оксиды, карбиды, нитриды, сульфиды, газ, шлаковые и флюсовые включения и т. д.). Присутствие в металлах и их сплавах сотых и даже тысячных долей процента газовых и неметаллических примесей значительно снижает их прочность и пластичность. Для очистки металлов от нежелательных примесей газов, оксидов, нитридов и других неметаллических включений разработан комплекс технологических операций, которые можно объединить общим понятием рафинирование.

В работе исследовали влияние разных способов рафинирования расплава на качество слитков из сплавов АД31Г и 6063. Для оценки рафинирующей способности различных материалов и фильтров проводили исследования макро- и микроструктуры слитков на наличие металлургических дефектов. Анализировались слитки, изготовленные по действующей технологии (по ТИ), и с применением разных систем рафинирования расплава с дополнительной обработкой порошковой смесью «Promag».

Изготовление слитков Ø 127, 145, 178, 215 мм из сплавов АД31Г и 6063 по действующей технологии заключалось в подаче расплава на кристаллизаторы скольжения с использованием в качестве фильтра стеклосетки и в литейную систему НОТ TOP, где применялись пенокерамические фильтры разных производителей – «Pyrotek» и Китай.

Оценка макроструктуры слитков проводилась по ГОСТ 23855-79, согласно которому в слитках диаметром до 300 мм включительно количество неметаллических включений площадью более 1 мм² не должно превышать 3 шт. На макроструктуре слитков, отлитых по действующей технологии рафинирования расплава, были обнаружены включения окисных плен размером 0,05-3,0 мм в количестве – 1-77 штук. Выявленные в слитках дефекты удовлетворяли требованиям ГОСТ 23855-79, однако наличие 25-70 штук мелких включений в слитках пяти плавок указывает на нестабильное качество рафинирующей обработки расплава. При исследовании слитков, полученных из расплава, обработанного порошковой смесью «Promag», выявлено, что размеры и количество включений существенно уменьшились: размеры 0,1×0,1-1,3×0,3 мм, количество 1-12 шт., что соответствует ГОСТ 23855-79.

Обнаруженные в слитках неметаллические включения были исследованы на растровом электронном микроскопе «EVO 50», Carl Zeiss с применением энергодисперсионного микроанализатора Inca Energy 350, Oxford. В слитках, полученных по действующей технологии, и в слитках, полученных с применением рафинирующей порошковой смеси «Promag», наблюдались в основном оксиды и карбиды Mg, Al, Si и Fe. Во включениях, присутствующих в слитках, полученных по действующей технологии, обнаруживались Na, K, Ca в количестве – 0,35-5,91 ат. %, кроме щелочных металлов во включениях присутствуют Cl, S и Cu. Исследования состава

включений, наблюдаемых в слитках с использованием порошковой смеси «Promag», показали отсутствие таких элементов, как Na, S и Cl. Содержание кальция и калия также значительно снижено.

Таким образом, применение нового способа рафинирующей обработки расплава порошковой смесью «Promag» позволило существенно снизить количество неметаллических включений в сплавах АД31Г и 6063, а также привело к удалению щелочных металлов из состава обнаруживаемых включений.

УДК 735.29.(32)

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАННЫХ НИКЕЛЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

М.С. Науменко, О.С. Науменко
Научный руководитель Л.П. Колмакова
Сибирский федеральный университет

В настоящее время в технологии производства многих продуктов применяются катализаторы, выполняющие роль ускорителей химических реакций. Отработанные катализаторы обычно складываются, так как они содержат токсичные вещества и не могут быть переработаны по классическим схемам получения цветных металлов.

Цель работы – разработка экономически выгодной, малоотходной технологии переработки отработанных катализаторов и извлечение из них ценных компонентов.

Для исследования были взяты катализаторы с химическим составом, %: 15,63 Ni; 40,11 O; 0,034 Ca; 0,145 S; 1,13 K; 23,02 Al; 19,7 C; 0,13 Si; 0,24 Cu; 0,38 Cr.

По данным рентгенографического анализа, катализатор представляет собой сумму: NiO (21,1 %), металлический Ni (10 %), оксиды и гидроксиды Al (37,1 и 8,63 %), углерод (16,7 %) и другие сложные соединения Ni и Al (рентгенофазовый анализ катализаторов представлен на рис. 1).

Существует аммиачная технология по переработке молибден-никелевых катализаторов, марки ГО-70, содержащих 4 Mo, 4 % Ni, с последующим разделением их сорбцией на катионообменных смолах. Основой катализаторной массы является оксид алюминия. По данным рентгенографического анализа, молибден и никель в катализаторах находятся в виде NiMoO_4 , а Al представлен в виде $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$.

Оптимальными условиями выщелачивания молибдена и никеля является проведение процесса при $(60\div 80)^\circ\text{C}$ при отношении $T : Ж = 1 :$

(3÷5), концентрации аммиака 80 г/л, диоксида углерода 40 г/л, при продолжительности процесса 1,5 ч. При этом в раствор переходит (88÷99) % молибдена и (34÷70) % никеля.

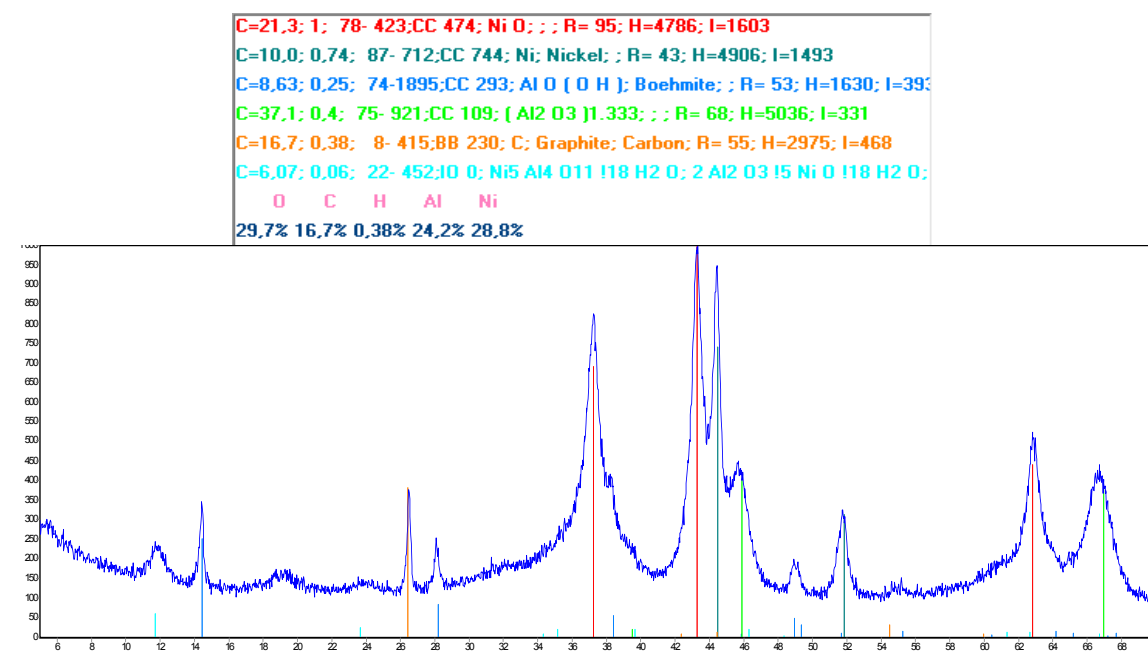


Рис. 1. Рентгенофазовый анализ исходных никелевых катализаторов

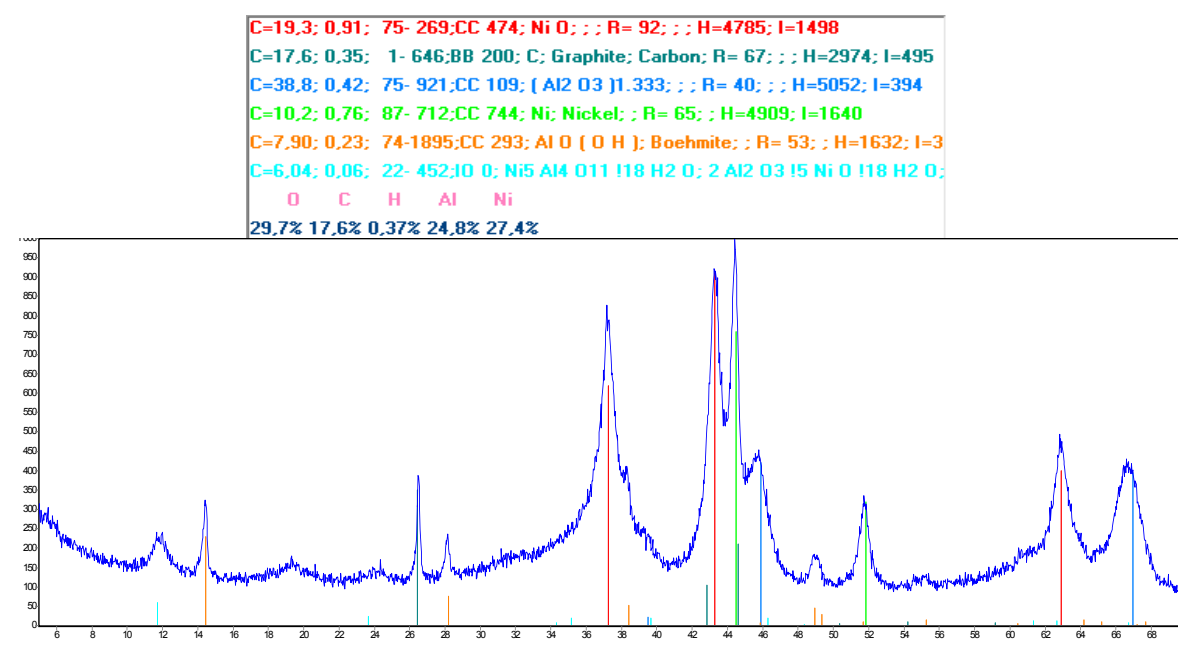


Рис. 2. Рентгенофазовый анализ осадка после выщелачивания необожжённых никелевых катализаторов аммиаком

Эта технология была опробована на изучаемых катализаторах. При аммиачной обработке извлечение никеля в раствор составило 1,5 %, тогда как при аммиачно-карбонатной – 8,7 %. Рентгенофазовый анализ осадков после аммиачной и аммиачно-карбонатной обработки приведен на рис. 2, 3.

На рис. 2, 3 видно, что большое количество никеля остаётся в осадке, обнаружено также большое количество углерода.

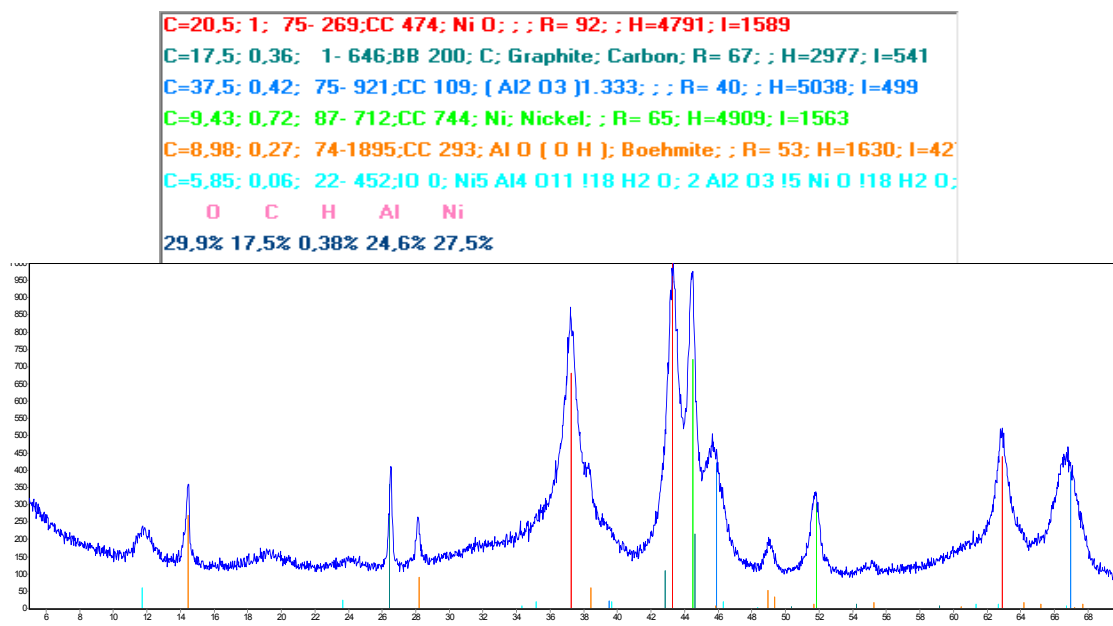


Рис. 3. Рентгенофазовый анализ осадка после выщелачивания необожжённых никелевых катализаторов аммиачно-карбонатным раствором

Поэтому перед выщелачиванием было решено проводить обжиг катализаторов при температуре 600 °С для удаления углерода. Рентгенофазовый анализ обожжённых никелевых катализаторов представлен на рис. 4.

Как видно на рис., никель представлен полностью в виде оксида и составляет 43,6 % по сравнению с 21,3 % в исходном катализаторе, количество углерода уменьшилось с 16,7 % до 10,8 %, алюминий полностью представлен в виде оксида и составляет 45,5 %.

Обожжённые катализаторы выщелачивали аммиачным и аммиачно-карбонатным раствором. При аммиачном выщелачивании извлечение никеля в раствор составило 3,8 %, при аммиачно-карбонатном – 6 %. Следовательно, данный способ не даёт хорошего извлечения.

Вскрытие аммиачными и аммиачно-карбонатными растворами показало, что извлечение металла в раствор низкое, следовательно, технология не может быть применима к данным катализаторам.

Так как основой катализаторов является Al₂O₃, то были проведены опыты по удалению алюминия перед выщелачиванием путем обработки катализаторов раствором едкого натра.

Осадок после фильтрации и промывки выщелачивали аммиачно-карбонатным раствором при температуре 100 °С в закрытой колбе при постоянном перемешивании в течение 2,5 ч., при отношении Т : Ж = 1 : 4. Извлечение в таком случае составило 10,32 %.

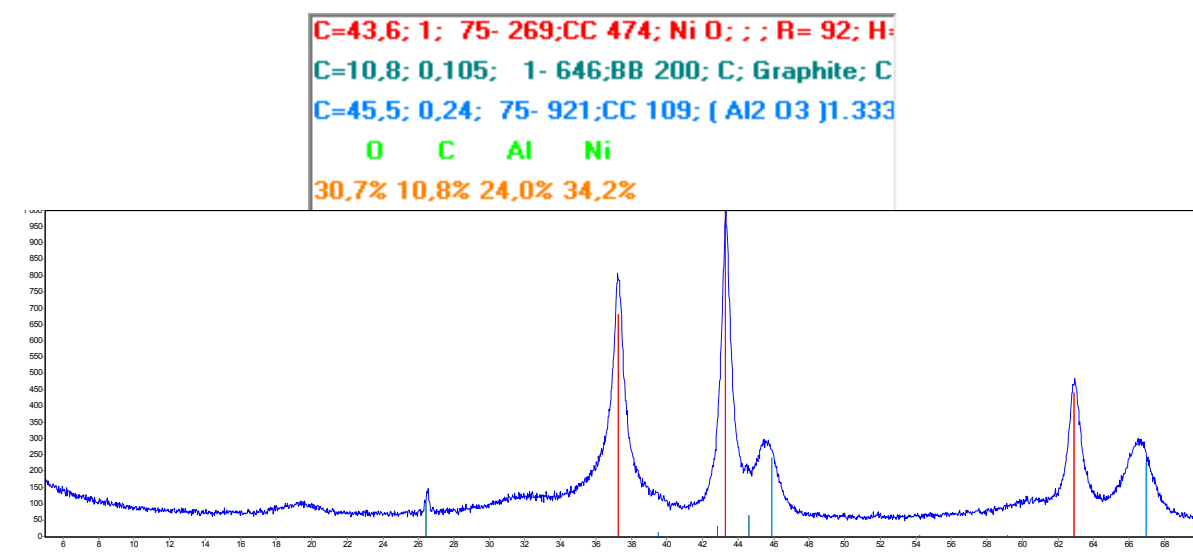


Рис. 4. Рентгенофазовый анализ обожжённых никелевых катализаторов

При использовании азотнокислых растворов для вскрытия катализаторов извлечение никеля в раствор составило 56,8 %. Выщелачивание проводили разбавленной азотной кислотой при температуре 40°C в закрытой колбе при постоянном перемешивании в течение 2,5 ч при отношении Т : Ж = 1:4. Полученный раствор выпаривали и получили соль нитрата никеля зеленого цвета $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ технической чистоты.

Из всех проведенных исследований лучшее извлечение (около 57 %) никеля наблюдается при кислотной обработке. Возможный недостаток технологии – это перевод в раствор сопутствующих примесей, низкое прямое извлечение металла.

Проводятся дальнейшие исследования по повышению извлечения металла и изучению альтернативных способов переработки катализаторов.

УДК 621.762: 621.719

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И СВОЙСТВА ПРОВОЛОКИ, ПОЛУЧАЕМОЙ ИЗ РАЗНЫХ ТИПОВ СТРУЖКИ СВИНЦОВОЙ ЛАТУНИ

А.А. Арефьев, В.Б. Никитин, В.А. Наседкин, А.В. Кучкина
Научные руководители Н.Н. Загиров, Е.В. Иванов
Сибирский федеральный университет

Как известно, плавильный передел и связанные с ним заготовитель-но-транспортные операции, являясь эффективным средством переработки кускового лома и крупногабаритных отходов, не обеспечивают необходи-

мой эффективности переработки сыпучих стружковых отходов мелких фракций. Частично или полностью решить данную проблему можно, применяя методы и приемы, характерные для процессов порошковой металлургии, учитывая при этом, естественно, специфику получения и свойств исходного стружкового сырья. В частности, например, при образовании стружки скалывания возникает значительная пластическая деформация, вследствие чего материал срезаемого слоя теряет свою пластичность и настолько упрочняется, что твердость частиц стружки бывает больше исходной твердости обрабатываемого материала в 1,5-2 раза. Кроме того, при резании для уменьшения вредного влияния сил трения и высокой температуры на работу инструмента применяют различные смазывающе-охлаждающие жидкости. Остаточные следы ее, наряду с неизбежно образующейся на поверхности частиц окисной пленкой, также оказывают существенное влияние на характер взаимодействия частиц стружки в процессе компактирования. Задача усложняется, если переработке подвергается стружка сплава, который по своим характеристикам относится к группе малопластичных сплавов.

В работе объектом внимания была выбрана сыпучая стружка латуни ЛС59-1 некоторых типов, образующаяся на разных переделах при изготовлении прутков и проволоки на ООО «Туимский завод ОЦМ».

Общее представление о видах используемой для проведения исследований стружки и опилок дают фотографии, приведенные на рис. 1.

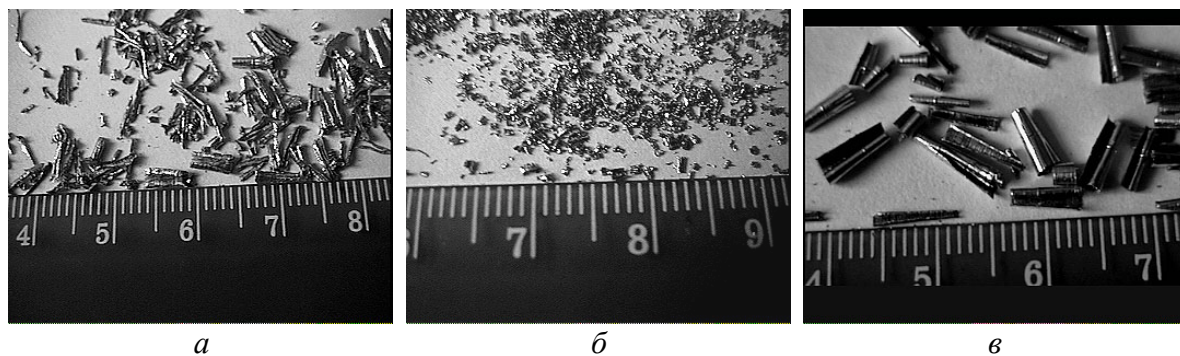


Рис. 1. Вид исходной стружки, используемой при проведении исследований

Стружка была взята на заводе после выполнения следующих операций:

а) резки слитков-столбов на мерные длины на отрезном станке, оснащенном дисковой пилой диаметром 810 мм, с шириной зубьев 8 мм, которая осуществляется в плавильном цехе завода (условное обозначение – тип 1, рис. 1, а);

б) резки прутков на мерные длины в прессово-волочильном цехе, производимой на отрезном станке, оснащенном ножовочным полотном шириной 1,5 мм (тип 2, рис. 1, б);

в)/ токарной обработки металла при изготовлении образцов для проведения механических испытаний (тип 3, рис. 1, в).

Выбор марки сплава обусловлен тем, что латунь ЛС59-1 является одним из наиболее распространенных медных сплавов, обладает хорошими механическими и физико-химическими свойствами, отлично переносит горячую обработку давлением, удовлетворительно – холодную, хорошо обрабатывается резанием, широко применяется во многих отраслях промышленности. Химический состав латуни ЛС59-1 приведен в табл. 1.

Таблица. Химический состав латуни ЛС59-1 по ГОСТ 15527-70

Марка сплава	Компоненты, %			Примеси, %, не более				
	Cu	Pb	Zn	Fe	Sb	Bi	P	Всего
ЛС59-1	57,0-60,0	0,8-1,9	ост	0,5	0,01	0,003	0,02	0,75
ЛС59-1В	57,0-60,0	0,8-1,9	ост	0,5	0,01	0,003	0,02	1,5

Как известно, свинец вводится в цветные сплавы, чтобы улучшить их обрабатываемость резанием. Он способствует образованию гетерогенной структуры, в которой прослойки второй фазы имеют свойства, резко отличные от матрицы. Это позволяет получить при резании мелкую сыпучую стружку.

Выпускается также латунь под маркой ЛС59-1В аналогичного состава по основным компонентам с латунью ЛС59-1, но с повышенным содержанием примесей, которая применяется для изделий менее ответственного назначения. Упоминание о ней заслуживает внимания с той точки зрения, что «стружковая» технология получения изделий и полуфабрикатов неизбежно сопровождается внесением в состав материала дополнительного количества нежелательных элементов в виде примеси.

Готовым изделием в работе была принята проволока диаметром около 3 мм, одной из потенциальных областей применения которой является сварочное производство. В частности, проволока из данной марки сплава используется для газовой сварки латуни и наплавки на углеродистую сталь (по ГОСТ 16130-90). Для ее получения использовалась следующая технологическая схема, приведена на рис. 2.

Принципиальной разницы в характере уплотнения и пластической деформации латунной стружки различных типов не наблюдалось, поэтому значения технологических параметров основных операций при переходе от компактирования одного типа стружки к другому оставались неизменными.

Оценка механических характеристик осуществлялась с использованием стандартных методик (ГОСТ 1497-84). Из проволоки диаметром свыше 4 мм вытачивались гантелеобразные образцы с соотношением ра-

бочей части $l/d = 10$, а у проволоки диаметром менее 4 мм брались фрагменты длиной 150 мм. Испытания проводились на универсальной электромеханической разрывной машине LFM-400. При этом рассматривались разные моменты деформации, соответствующие определенной степени деформации после проведения отжига на конкретном размере.

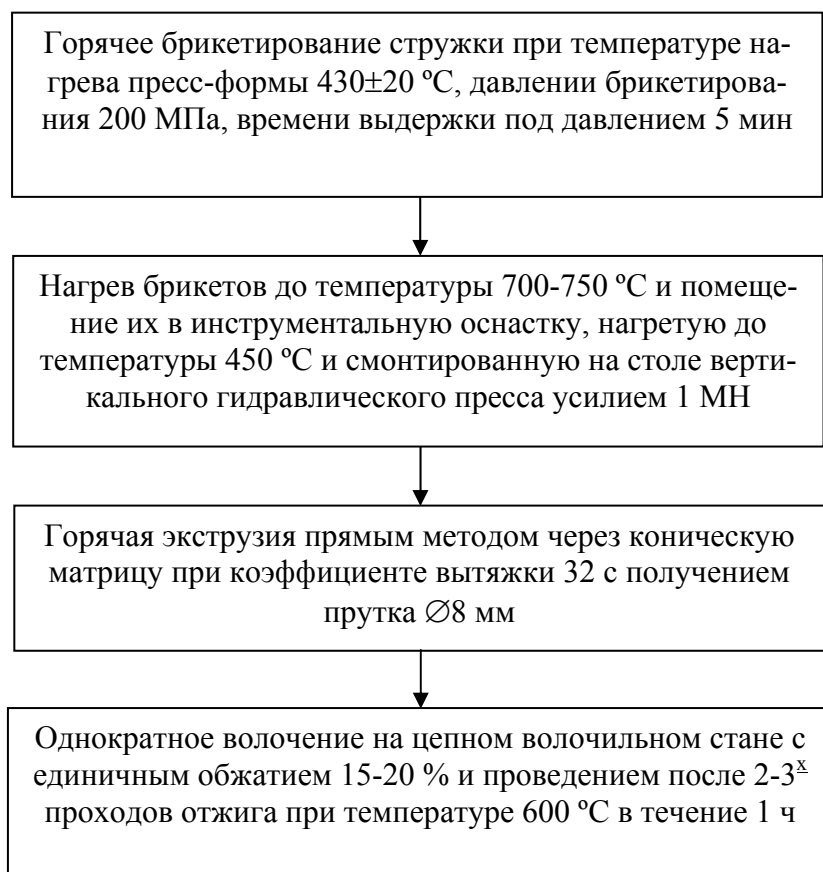


Рис. 2. Технологическая схема изготовления проволоки $\varnothing 3,3$ мм

Результаты механических испытаний образцов проволоки на растяжение приведены на рис. 3, 4.

Вид представленных графиков (рис. 3, 4), свидетельствует, что изменение временного сопротивления разрыву σ_b и относительного удлинения δ в зависимости от степени накопленной деформации ϵ носят схожий характер, что и в случае волочения латунной проволоки из литой заготовки. Однако тип исходной стружки, несмотря на идентичность технологических параметров выполнения основных операций, на уровень абсолютных значений механических характеристик влияет довольно существенно.

Из рассмотренных в работе типов стружки наибольшие значения прочностных характеристик и, соответственно, наименьшие – пластических, наблюдались у проволоки, получаемой из мелкой стружки (опилок) после резки прессованных прутков на мерные длины. Обратная картина имела место в случае, когда проволока изготавливалась из стружки, обра-

зующейся после резки на мерные длины слитков-столбов. По-видимому, помимо геометрических характеристик стружки, это связано с неодинаковым уровнем наклепа непосредственно частиц стружки, который обусловлен разным исходным состоянием разрезаемого металла и особенностями операции резки на том или ином агрегате. Осуществление операций брикетирования и экструзии при повышенных температурах, при которых в деформируемом металле одновременно протекают и рекристаллизационные процессы, полностью нивелировать эту разницу не в состоянии.

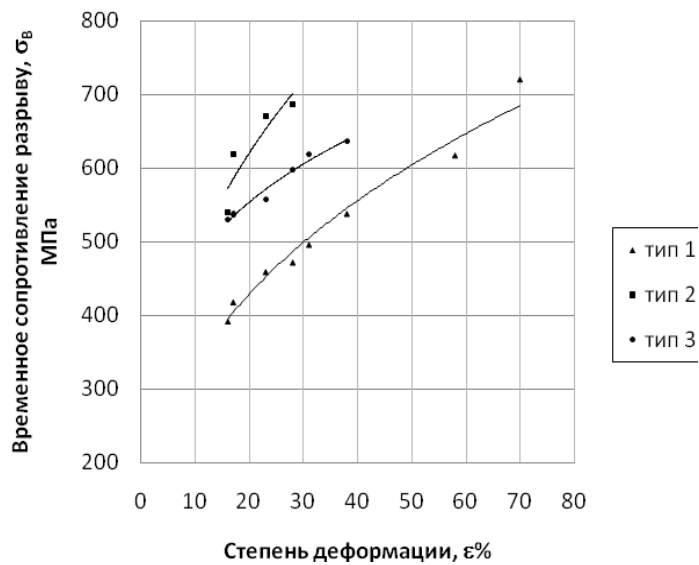


Рис. 3. Зависимость временного сопротивления разрыву проволоки от степени накопленной деформации и типа стружки

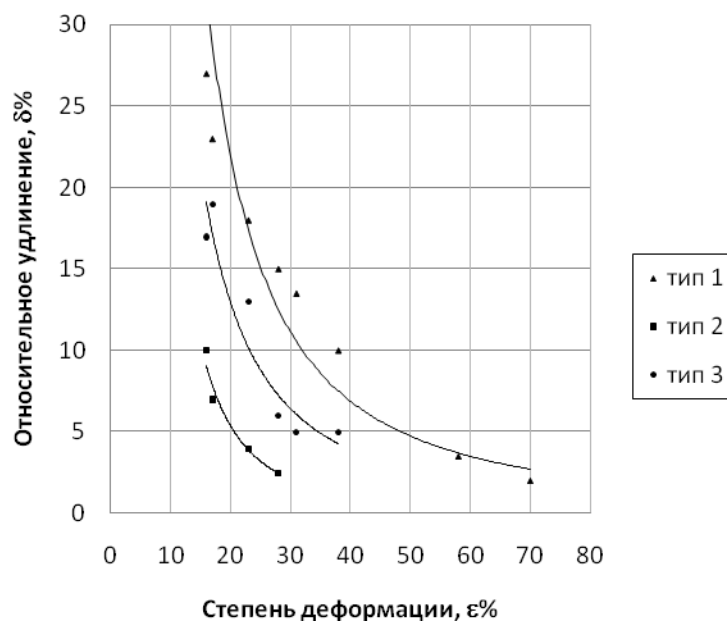


Рис. 4. Зависимость относительного удлинения проволоки от степени накопленной деформации и типа стружки

С точки зрения практической реализации процесса волочения проволоки из стружки латуни ЛС59-1 повышенный уровень прочности материала создает дополнительные сложности в плане стабилизации протекания самого процесса. При тех же значениях относительного обжатия коэффициент запаса будет значительно ниже, что приводит к повышению вероятности обрыва проволоки на любом размере и, как следствие этого, к необходимости более частого проведения операции «отжиг».

УДК 66.087.7

АЛЮМИНИЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ КАК ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ УЧЕБНОГО ПРОЕКТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ХИМИЯ МЕТАЛЛОВ»

Д.А. Фомин, А.В. Шпильков
Научный руководитель И.В. Дубова
Сибирский федеральный университет

Алюминий – 13-й элемент периодической системы Д.И. Менделеева. Алюминий является самым распространенным металлическим элементом в земной коре (его содержание составляет около 8 масс. %).

Сегодня алюминий занял лидирующее положение в мире среди конструкционных материалов и данная ситуация сохранится в будущем, подтверждением этого служат: уникальные свойства алюминия; применение в новых технологиях (упаковка пищевых продуктов; алюминиевый автомобиль); обеспеченность качественным сырьем на долговременную перспективу; возможность значительного снижения издержек его производства.

Преимущества алюминия перед другими конструкционными материалами выражается в следующем: сравнительно низкий для металлов удельный вес ($d = 2,6989 \text{ г/см}^3$); высокая коррозионная стойкость благодаря оксидной пленке Al_2O_3 ; легкость формования и обработки; способность к стопроцентной вторичной переработке (при

этом экономия энергии 95 %); огнестойкость; высокая электропроводность; стойкость к низким температурам (при низких температурах он обладает даже более высокой прочностью, пластичностью и вязкостью). Конструкции из алюминия требуют более низких затрат в течение срока службы и практически не требуют ремонта. Обладая хорошей гибкостью, алюминиевые конструкции эффективно несут нагрузки и значительно снижают затраты на сооружение фундаментов и опор. Это позволяет в

сжатые сроки производить модернизацию строительных сооружений, мостов, путепроводов и т. п. Во всех видах транспорта присутствие алюминия обеспечивает повышение скорости и безопасности движения, экономию энергии. Применение алюминия в транспорте и тараупаковке, быту и т. п. и практически полная возможность его рециркуляции способствуют улучшению экологии окружающей среды.

Мировое производство алюминия, по данным Международного института алюминия (International Aluminium Institute, IAI), в 2010 г. увеличилось на 11,2 % по сравнению с 2009 г. – до 40,426 млн т, в 2011 г., (за январь-февраль) составляет 6,672 млн т., что на 3,3 % больше, чем за этот период в 2010 г.

Доля России в мировом производстве шести основных видов цветных металлов (алюминий, никель, медь, цинк, свинец, олово) составляет около 8,5 %. Объем производства алюминия является наибольшим среди цветных металлов.

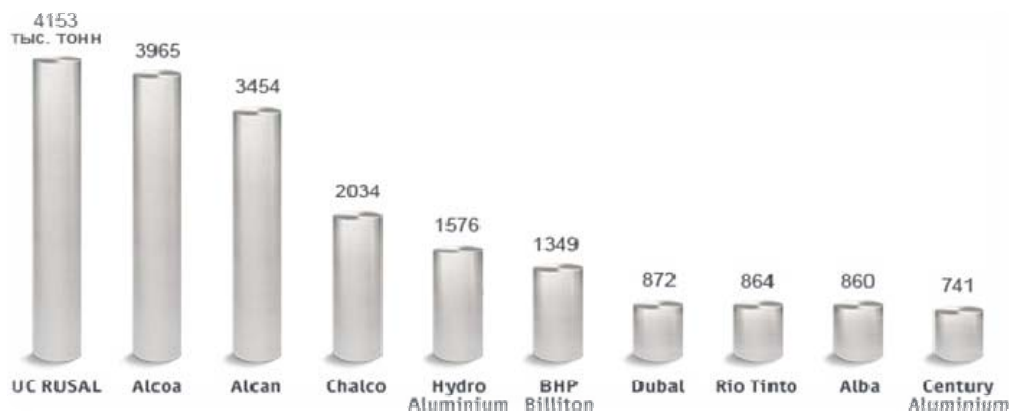


Рис. 1. Данные по мировому производству алюминия

Россия является одним из лидеров в мировом производстве алюминия и занимает вторую позицию после Китая. В то же время наша страна — самый крупный экспортер алюминия на мировом рынке.

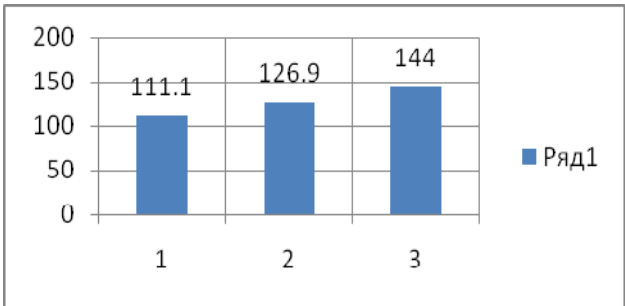


Рис.2. Рост производства первичного алюминия в России (тыс.)
(1 – 2000, 2 – 2005, 3 – 2010 гг.)

В настоящее время в России действуют 11 алюминиевых заводов, построенных по проектам отраслевого института "ВАМИ". Четыре завода находятся в Восточной Сибири – это самый крупный Братский, потом Красноярский, Саянский и Иркутский алюминиевые заводы, в Западной Сибири – Новокузнецкий алюминиевый завод.

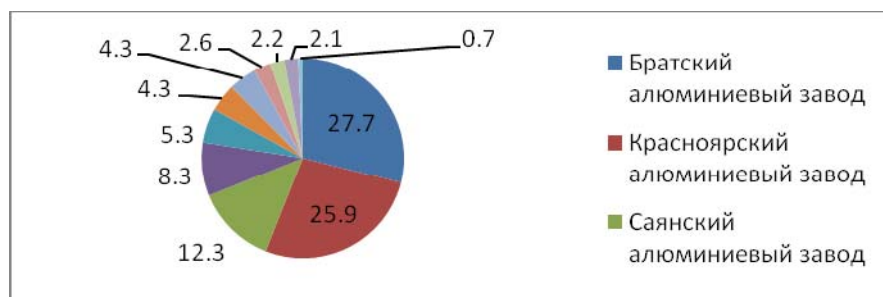


Рис.3. Доля предприятий в общероссийском производстве первичного алюминия, %

Удельный вес Красноярского края в промышленности Российской Федерации составляет 4 %, а Восточно-Сибирского экономического района – 40 %.

В «Концепции промышленной политики Красноярского края на период до 2020 года» отмечается, что цветная металлургия является традиционной отраслью специализации Красноярского края. В настоящее время цветная металлургия обеспечивает более половины объема промышленного производства края, почти 4/5 регионального экспорта и 30 % налоговых поступлений в краевой бюджет. На регион приходится около четверти производимого первичного алюминия в России (3 % мирового производства). Около 90 % производимой на предприятиях цветной металлургии региона продукции идет на экспорт. Наличие значительных запасов тяжелых цветных металлов, огромный гидроэнергетический потенциал, рентабельность производства даже при высоких транспортных затратах на доставку продукции на основные рынки сбыта обусловили доминирующее положение этой отрасли в структуре региональной экономики.

Крупнейшие металлургические предприятия алюминиевой промышленности Красноярского края:

- Красноярский алюминиевый завод (КраЗ);
- Ачинский глиноземный комбинат (АГК);
- Красноярский металлургический завод (КраМЗ);
- Строящееся предприятие – Богучанский алюминиевый завод мощностью 588 тыс. т. в год (Проект реализуется совместно РУСАЛом и «РусГидро». Первая очередь БоАЗа мощностью 147 тыс. т. в год будет введена в строй в 2013 г.)

На предприятиях цветной металлургии (добыча и переработка) занято порядка 40 тыс. человек, что составляет около 4 % работников, занятых в экономике края. Предприятия цветной металлургии Красноярского края являются конкурентоспособными, причем не только среди предприятий-аналогов, но и среди предприятий других производств.

Предприятия Красноярского края ориентированы на производство первичных металлов и их экспортные поставки, что позволяет им получать сверхдоходы в периоды благоприятной конъюнктуры рынка цветных металлов. По результатам исследований стратегической группы по разработке концепции, выявлено, что из региона вывозятся необработанные металлы (первичные), а ввозятся готовые изделия из них. Кроме того, произведенный в регионе металл практически не потребляется на территории края. Цветная металлургия Красноярского края в перспективе до 2015 г. будет относиться к добывающим отраслям с невысокой долей переработки продукции и будет находиться в зависимости от конъюнктуры мировых рынков металлов. В долгосрочной перспективе до 2020-30 гг. освоение рудной базы цветной металлургии позволит Красноярскому краю позиционироваться как федеральному центру добычи и переработки цветных металлов (в частности, алюминия и др.).

Крупнейший представитель металлургического производства ОАО «РУСАЛ Красноярск» — занимает 4 место в рейтинге 400 крупнейших по объему реализации компаний Сибири. Красноярский алюминиевый завод был введен в эксплуатацию в 1964 г. По объему выпуска продукции КрАЗ является вторым алюминиевым заводом мира: в 2008 г. он выплавил более 1 млн т. первичного алюминия. На долю Красноярского завода приходится 24 % всего производимого в России алюминия и 2,5 % мирового производства. Завод расположен рядом с Красноярской ГЭС и потребляет около 70 % от общего объема производимой станцией электроэнергии. На предприятии работают 4 700 человек.

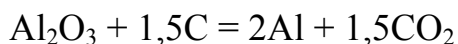
Важнейшими факторами, определяющими технический уровень, экономику и экологию электролитического получения алюминия, являются мощность и степень совершенства применяемых в промышленности металлургических агрегатов — алюминиевых электролизеров. В отечественной алюминиевой промышленности так же, как и в мировой металлургии алюминия, применяются три типа алюминиевых электролизеров: с предварительно обожженными анодами (ОА) и с самообжигающимся анодом с верхним (ВТ) и боковым (БТ) токоподводом.

В «Плане развития металлургической промышленности России до 2010 года» отмечено, что в производстве алюминия долю металла, полученного в усовершенствованных электролизерах с предварительно обожженными анодами и по технологии "сухой" и "полусухой" анод, планировалось довести до 75-80 %.

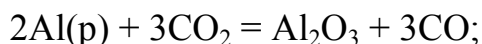
Производство алюминия на электролизерах с самообжигающимся анодом типа ВТ и БТ связано со сравнительно высоким уровнем выбросов в окружающую среду вредных веществ, в частности, фторидов и смолистых погнонов, ряд компонентов которых обладает канцерогенной опасностью.

При электролизе алюминия выделяется большое количество твёрдых и газообразных соединений, являющихся продуктами протекающих химических реакций. Дипломниками кафедры теплотехники и техногенной безопасности под руководством В.А. Гронь в течение ряда лет проводились исследования в области экологической безопасности производства. Твёрдые материалы, выходящие из электролизёра, включают угольную пыль, глинозём, криолит, хиолит, фторид алюминия, фторид кальция и конденсированные углеводороды. Газовыми составляющими являются диоксид углерода, оксид углерода, диоксид серы и фторид водорода, хотя можно установить наличие в газах C_2F_6 , SiF_4 , сероводорода, дисульфида углерода, воды и газообразных углеводородов.

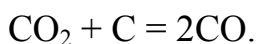
Первичным газом, т. е. газом, образующимся в первичных пузырьках на аноде, является CO_2 , при этом происходит реакция



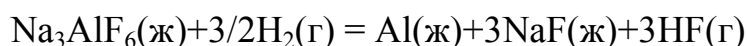
Оксид углерода образуется в результате вторичных реакций: взаимодействие растворённого в электролите металла с углекислым газом:



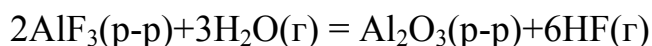
и реакции Будуара:



Источники образования фторида водорода может быть углерод анода, влага из воздуха или загружаемого глинозёма:



Превалирующей реакцией является реакция с водой (проходящей с глинозёмом, или электрохимически образованной на аноде), в которую могут быть вовлечены составляющие электролита:



Эксплуатация электролизёров приводит к загрязнению атмосферы полициклическими ароматическими углеводородами. Их выделение происходит на стадии монтажа подины электролизёра и при формировании анода из анодной массы. При нагреве свыше $120^\circ C$ из анодной массы начинают интенсивно выделяться смолистые вещества, состоящие из лёгких углеводородов. Ряд химических составляющих, выявленных в выбросах

электролизёров с верхним токоподводом, включает следующие полициклические ароматические углеводороды: нафталин, дифенил, пирен, карбозоль, фенантрен, перилен и др. При попадании в организм бенз(а)пирена, содержащегося в смолистых веществах, могут возникнуть доброкачественные и злокачественные опухоли.

Диоксид серы образуется путём взаимодействия содержащейся в сырьё серы с компонентами электролита. Сера поступает в электролит с глинозёмом, фторидами (в виде сульфатов) и с анодной массой (сульфиды). В среднем образуется газообразного SO_2 от 5 до 50 кг/т Al . Основным источником образования диоксида серы является материал анода, на долю которого приходится более 95 % содержания серы в сырьё.

Во время протекания анодного эффекта идёт образование фторида углерода и при этом содержание CF_4 в анодных газах достигает 30 %, а C_2F_6 – 1-2 %, причём содержание CF_4 на ваннах с верхним токоподводом на порядок больше, чем на ваннах с обожжёнными анодами.

Красноярский алюминиевый завод в сентябре 2009 г. завершил программу модернизации, направленную на снижение экологической нагрузки алюминиевого производства на окружающую среду. Модернизация позволила сократить удельные выбросы предприятия: выбросы фтористого водорода были снижены в 1,5 раза, смолистых веществ – в 2,7 раза, бензо(а)пирена – в 2,5 раза. КрАЗ стал первым российским предприятием с технологией Содерберга, который полностью оснащен системами автоматического питания глинозёмом (АПГ). Новая система позволяет сделать электролизер более герметичным. Внедрение АПГ сокращает количество выбросов фтористых соединений на 10 %, смолистых веществ – на 3 %, пыли на 30 %. Использование новой системы подачи сырья обеспечивает снижение частоты анодных эффектов и, как следствие, существенно сокращает выбросы парниковых газов.

В 2007 г. на КрАЗе известным ученым в области изменения климата Джерри Марксом (Jerry Marks), консультантом Международного института алюминия (International Aluminium Institute), был проведен мониторинг выбросов. По полученным результатам, абсолютные выбросы перфторуглеродов (ПФУ) на КрАЗе в 2007 г. сократились на 78 % по сравнению с 1990 г., удельные (на тонну алюминия) – на 82 %. Таким образом, КрАЗ выполнил добровольную цель Международного института алюминия по снижению удельных выбросов ПФУ к 2010 г. на 80 %.

ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

УДК 624.15

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Я.О. Коротя, М.П. Дворецкая
Научный руководитель О.М. Преснов
Сибирский федеральный университет

Современные города непрерывно растут. Но территория их ограничена по площади, что ведет к освоению высоты и глубины. Сегодня все представляют здания современности большими. Они более вместительные, изящные и не занимают большую площадь. Все стремятся к высотному строительству.

Высотным (по ТКП 45-3.02-108-2008) называют здание высотой более 75 м (более 25 этажей). С ростом высоты чувствительность конструкций здания и его инженерных систем к неравномерным осадкам возрастает.

Для уменьшения осадок в настоящее время используются следующие методы:

- строительство в глубоких котлованах;
- усиление основания;
- использование глубоких опор в виде свай.

Высотные здания подразумевают большую подвальную часть, где располагают подземные парковки, технические этажи. Также необходима достаточно большая глубина заложения фундаментов: 10-15 м, а иногда и до 20-30 м. В этом случае отметка дна котлована может находиться ниже уровня грунтовых вод (УГВ). Разработка котлована при этом невозможна без устройства ограждающих конструкций в виде монолитных или сборно-монолитных траншейных стен, возводимых методом «стена в грунте», также могут применяться шпунтовые стенки. Эти способы закрепления стен котлована применимы и при строительстве в стесненных условиях,

при этом не нужно устройство откосов, отпадает необходимость в устройстве обратных засыпок, оседание близко расположенных зданий исключается.

Но стена в грунте при таких глубоких котлованах должна закрепляться устройством распоров. В этом случае можно использовать:

- анкеры в грунте;
- технологию «UP-DOWN».

В первом случае заглубленные в грунт анкерные устройства воспринимают внешние выдергивающие усилия и передают растягивающие усилия в глубокие слои грунта. Анкера не приводят к дополнительным деформациям окружающего массива.

При способе «UP-DOWN» монтаж перекрытий ведется постепенно, по мере разработки котлована, что позволяет использовать плиты в качестве распорок. Строительство ведется «вверх и вниз», что сокращает его сроки.

Другим способом крепления ограждений котлованов при строительстве открытым способом является устройство временной распорной системы из металлических труб или прокатных профилей.

Инженерные изыскания связаны с надежностью высотных зданий и вытекают из следующих их особенностей:

1) значительные нагрузки на основание, приложенные с большим эксцентриситетом; большая площадь фундамента и наличие подземной многоэтажной части;

2) неоднородность напряженно-деформированного состояния основания; сжимаемость основания неравномерная, вызывающая неоднородные деформации несущих конструкций и фасада здания, и др.;

3) влияние природных и случайных факторов (ветровая и сейсмическая нагрузки, удары молний, солнечная радиация, пожар, взрывы и др.), а также наличие в составе оснований потенциально опасных во времени специфических и слабых грунтов (карст, известняк, биогенные, пылевато-глинистые и др.) и гидрогеологических явлений и др.

Геотехнические особенности высотных зданий предполагают следующие основные типы фундаментов для них:

- массивные плитные;
- свайные;
- комбинированные, в т. ч. свайно-плитные (СПФ).

Для высотных зданий традиционно применяются массивные плитные фундаменты на естественном или укрепленном основании. Но условия взаимодействия таких фундаментов с основанием (выпор грунта из-под края фундамента, возникновение кренов и пр.) требуют тщательного расчетного обоснования возможности их использования.

Эффективность использования плитного фундамента существенно возрастает в случае его заглубления, при котором уменьшается разница между сжимающими напряжениями под подошвой фундамента от приложенной сверху нагрузки и естественными вертикальными напряжениями в ненарушенном грунте. Такая плита образует с подземной частью здания так называемый “плавающий” фундамент. На прочных основаниях (песчаных, гравийных) без слабых обводненных прослоек с центрально приложенной нагрузкой (без больших эксцентриситетов и местных сосредоточенных нагрузок) плитные фундаменты являются самыми экономичными.

Свайные фундаменты в виде свайного поля или глубоких опор – наиболее часто применяемые в последнее время для высотных зданий, если значения показателей физико-механических свойств грунтов основания неоднородные, а также при значительной площади зданий и больших нагрузках от него. Фундаменты в виде глубоких опор, передающих нагрузку от высотного здания на глубоко залегающие несжимаемые грунты, более надежны, т. к. обеспечивают наименьшие осадки здания. Однако при большой глубине залегания несущих слоев грунта устройство фундамента затрудняется, а стоимость увеличивается. Для свай в таких фундаментах самой важной характеристикой является несущая способность по материалу, а не по грунту. Поэтому использование свай малого диаметра для них нецелесообразно.

В то же время эффективней располагать сваи не в виде равномерных полей, а отдельных кустов и лент под сосредоточенными нагрузками, что позволяет уменьшить высоту плит-ростверков и их материалоемкость и улучшает условия работы всей надфундаментной конструкции. Работа такого фундамента заключается в передаче нагрузки на основание сваями от центра к периферии и регулируется посредством изменения их длины, диаметра или шага. Такие фундаменты называются свайно-плитными (СПФ). По сравнению со свайными фундаментами свайно-плитные более экономичные и технически продуктивны, т. к. распределяют нагрузки не только через сваи, но и плиту через ростверк.

В Красноярске еще мало высотных зданий. Но уже сейчас существует много проектов на их строительство. Особое внимание уделяется фундаментам, поскольку их устройство в современном городе ведется в стесненных условиях. Сегодня главной задачей высотного строительства должно быть развитие существующих и освоение новых технологий устройства фундаментов. Так как высотные здания имеют повышенные геотехнические особенности, то при их возведении должны быть дополнительные требования не только к проектированию, но и к вопросам мониторинга, экспертизы и тестирования строительства оснований, фундаментов и подземных частей.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ «УНИРЕМ» НА СВОЙСТВА НЕФТЯНОГО ДОРОЖНОГО БИТУМА

В.А. Сапожникова, Е.А. Михалишина
Научный руководитель Г.В. Васильовская
Сибирский федеральный университет

В последнее десятилетие XX в. в промышленно развитых странах актуальной задачей является повторное вовлечение в промышленное производство отходов, а также самой продукции после истечения срока эксплуатации.

Основной отход автотранспортного комплекса – изношенные автомобильные шины. Проблема вторичного использования каучука путем переработки изношенных резиновых изделий исключительно актуальна. Ежегодный объем образования изношенных автомобильных покрышек в России составляет около 1 млн т., в Европе – около 2 млн т., а в США – 2,8 млн т.

В настоящее время существуют следующие технологии утилизации автошин

1. Использование шин при изготовлении труб и звукоизолирующих покрытий вдоль автострад для защиты склонов от эрозии.

2. Сжигание шин с целью получения энергии, пиролиз в условиях низких температур с получением легкого дистиллята, твердого топлива, близкого по свойствам к древесному углю.

3. Переработка шин в резиновую крошку и порошка для изготовления строительных материалов.

4. Получение регенерата для производства резиновых смесей и резинобитумных композиций.

Наиболее перспективным направлением является переработка шин в резиновую крошку с целью использования ее в качестве модификатора битума. При этом с учетом важнейших экологических и экономических аспектов решается и важнейшая проблема улучшения основных свойств битума.

Простейшим способом утилизации резин в битумах является прямое введение в него резиновой крошки (РК), однако полученные таким образом промышленно выпускаемые материалы, такие как Изол, Бризол, оказались недолговечными. Это связано с тем, что вулканизированная резиновая крошка не смогла реализовать в битуме своих полимерных свойств, создавая лишь центры эластичности и не образуя единой полимерной сет-

ки. Асфальтобетон, полученный с применением этих вяжущих, хрупкий, так как резиновая крошка выкрашивалась из него ввиду низкой адгезии вяжущего к минеральным наполнителям.

Указанные недостатки возможно устранить путем девулканизации резины, т. е. разрушения вулканизационных мостиков – поперечных связей, чаще всего серных, реже смоляных или перекисных. При регенерации резины основной задачей является полное разрушение поперечных связей при максимально возможном сохранении основных цепей каучука, что позволит получить наноразмерный модификатор битума.

На дорожный рынок России в настоящее время выходит модификатор «УНИРЕМ», также созданный на основе резинового порошка из измельченных отработанных шин. В Красноярском крае презентовали эту нанодобавку к битуму. 16 февраля 2011 г. министр транспорта Красноярского края Захар Титов сообщил о намерении краевых властей начать испытания этого нового материала уже в 2011 г. Порошок «УНИРЕМ» существенно отличается от всех, предлагаемых ранее. Получают его по методу высокотемпературного сдвигового измельчения, основанного на одновременном воздействии на материал интенсивного сжатия, деформирования сдвигом и нагрева. Разработчиком этого метода является Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН, а разработчиком и изготовителем оборудования (роторных диспергаторов) – ООО «Уникум» ГК «Новый каучук». Все частицы резиновой крошки, полученные по этой технологии, состоят из микроблоков средним размером от 5 до 50 микрон, достаточно слабо связанных друг с другом. Такую частицу уже не надо дополнительно обрабатывать перед ее помещением в битум: в горячем битуме она достаточно быстро распадается на микро-, а затем и на наноблоки.

В нашей работе исследовалось влияние резиновой крошки «УНИРЕМ» на свойства битума марки БНД 90/130 Ачинского НПЗ. Для исследований использовалась резиновая крошка, производимая на заводе компании «Юником» в г. Подольске Московской области. Результаты исследований резиновой крошки приводятся в табл. 1.

Таблица 1. Зерновой состав резиновой крошки

Размеры сит, мм	Частные остат- ки, г	Частные остат- ки, %	Полные остат- ки, %	Прошло через сито, %
2,5	0	0	0	100,00
1,25	0,13	0,13	0,13	99,87
0,63	6,65	6,65	6,78	93,22
0,315	66,60	66,6	73,38	26,42
0,16	22,15	22,15	95,53	4,47
0,071	3,10	3,10	98,63	1,37
Дно	1,37	1,37	100,00	
Сумма	100,00	100,00		

Истинная плотность $\rho - 0,78 \text{ г/см}^3$;
 Насыпная плотность $\rho_{\text{нас.}} - 0,48 \text{ г/см}^3$
 Влияние резиновой крошки на свойства битума приводится в табл. 2.

Таблица 2. Свойства полимербитумных вяжущих

Составы	Температура размягчения по «КиШ», °С	Растяжимость, см		Эластичность, %		Пенетрация, °П	
		при 25°С	при 0°С	при 25°С	при 0°С	при 25°С	при 0°С
Битум	48,40	66,25	4,75	14,5	15,8	114,5	43,0
Битум+2 %РК	49,65	20,30	3,95	36,55	37,5	75,5	43,5
Битум+4 %РК	51,90	11,75	3,75	43,29	34,5	57,0	36,5
Битум+6 %РК	52,55	7,80	3,40	28,30	31,5	53,5	39,5
Битум+8 %РК	53,50	6,90	2,70	32,45	35,7	60,0	30,0
Битум+10 %РК	55,20	5,25	3,00	52,35	36,7	47,5	32,0

Как видно из таблицы, с увеличением содержания резиновой крошки происходит снижение пенетрации при 25 и 0 °С, незначительное уменьшение растяжимости и увеличение температуры размягчения. При этом эластичность вяжущих резко увеличивается по сравнению с исходным битумом. Исходя из полученных результатов, оптимальными свойствами обладает состав, содержащий 6 % резиновой крошки, который можно рекомендовать в качестве вяжущего для приготовления асфальтобетона.

УДК 699.865

ЭНЕРГОЭКОНОМИЧНЫЕ МАЛОЭТАЖНЫЕ ЗДАНИЯ

Л.М. Фаткулина
Научный руководитель Е.П. Кабанов
Сибирский федеральный университет

В последнее время вопросы энергоэффективности стали актуальными в нашей стране. Необходимость рационального использования энергетических ресурсов, ухудшение климатических и экологических условий, новые требования к проектированию и строительству жилого домострое-

ния привели к необходимости разработки государственной программы по энергосбережению и появлению новых нормативных требований в этой области. Разнообразие конструкций и материалов на строительном рынке сегодня позволяет строительным организациям найти оптимальные решения, обеспечивающие нормативные показатели по энергосбережению.

При эксплуатации типичного жилого дома через стены теряется до 40 % тепла, через окна – 18 %, подвал – 10 %, крышу – 18 %, вентиляцию – 14 %. Поэтому уменьшить потери тепла через ограждающие конструкции возможно только при комплексном подходе к вопросу энергосбережения. Из приведенных данных следует, что недостаточное термическое сопротивление ограждающих конструкций существенно снижает энергоэффективность зданий.

Одной из главных причин потери тепла является некачественное устройство примыканий и стыков конструкций, которое приводит к образованию «мостиков холода». Такие участки чаще всего образуются в местах контакта плит перекрытий с несущими стенами, в местах примыкания к наружным стенам внутренних перегородок, а также при проседании некачественного теплоизоляционного материала в трехслойных ограждающих конструкциях.

Имеющиеся сейчас конструкции предусматривают создание комплексной защитной термооболочки вокруг конструкций здания. Такая оболочка включает в себя утепление контактирующих с грунтом конструкций фундамента, скатных или плоских крыш и стен. Весь комплекс мер уменьшает потери тепла из-за «мостиков холода», повышает тепловое сопротивление ограждения и улучшает другие эксплуатационные характеристики конструкций.

Таким образом, определяется весьма широкий круг задач, для решения которых необходимы теплоэффективные конструкции и рациональный подход к их устройству. Однако такие факторы эксплуатации строительных конструкций, как температурный и влажностный режим, наличие нагрузок и деформационных воздействий, агрессивные химические среды создают сложность при выборе оптимального варианта теплоэффективных конструкций.

На сегодняшний день на территории России применяются различные конструкции и системы теплоизоляции – это «скрепленные системы», «вентилируемые фасады», колодцевая кладка со слоем утеплителя, вакуумная теплоизоляция, теплоэффективные блоки, каркасная технология, несъемные опалубки и др.

К одним из наиболее перспективных и сравнимо недорогих вариантов малоэтажного домостроения, приемлемых для строительства в наших сибирских условиях, можно отнести развивающуюся канадскую технологию.

Канадская технология строительства уже более полувека повсеместно и массово применяется во всех странах мира, особенно в Северной Америке и Европе. Существует неверное использование названия "канадская технология". Часто "канадскими" называют обычные каркасные или каркасно-щитовые дома. На самом деле канадская технология строительства домов подразумевает под собой сборку ограждающих стен дома из SIP-панелей. Причем SIP-панели должны выполнять, прежде всего, функцию силовых элементов конструкции, а не только утепления, как это бывает при возведении каркасных домов.

Конструкционная теплоизоляционная панель состоит из двух ориентированных стружечных плит, между которыми под давлением приклеивается слой твердого пенополистирола в качестве утеплителя. Толщина панелей в готовом виде составляет от 124 мм до 224 мм. В SIP-панели, склеенной в заводских условиях под прессом, воздушных зазоров нет. Кроме того, панели не требуют дополнительной ветро- и пароизоляции.

У SIP-технологии прекрасный потенциал именно в сфере строительства энергоэффективных домов. Дома из SIP очень теплые. Они сохраняют тепло как термос, даже по сравнению с энергоэффективными каркасными домами в стенах из SIP-панелей меньше мостиков холода. Это обеспечивается за счет выполнения стыков конструкций в виде герметичных замков. Также положительно сказывается применение в качестве утеплителя пенополистирола, который значительно эффективнее минваты. Дом с течением времени не дает осадки, а наружные плиты не подвергаются увлажнению.

К недостаткам SIP-панелей нужно отнести их высокую огнеопасность, подверженность гниению, вред, наносимый насекомыми и грызунами. По этой причине необходима дополнительная специализированная обработка. В среднем каркасные здания находятся в эксплуатации около тридцати лет, хотя если использовать новейшие технологии и материалы, то можно значительно увеличить срок их эксплуатации.

К сожалению, дома построенные с нарушениями, зачастую отбрасывают серьезную тень недоверия к новым технологиям в целом. При возведении домов из SIP-панелей важно учесть все нюансы монтажа конструкций, но без опыта и знания это очень сложно. Специалистов по сборке домов в нашей стране не так много, и те, как правило, «самоучки». Для того чтобы получился действительно качественный дом, важно привлекать настоящих специалистов, лучше если они прошли курсы обучения у западных представителей, откуда пришла эта технология.

Применение SIP-панелей в качестве ограждающих конструкций в малоэтажном строительстве имеет ряд достоинств, благодаря которым технология становится более популярной в нашей стране. Экономичность, быстрота возведения, возможность строиться в любое время года, надежность, долговечность и самое главное – высокая энергоэффективность кон-

струкций и уменьшение теплопотерь из-за «мостиков холода» дает предпосылки для применения данной технологии в программах по строительству энергосберегающего жилья в северных районах нашего края. Качественные, экологически чистые и современные виды материалов, применяемых в качестве основных конструкций, в будущем должны решить основные вопросы и проблемы в строительстве.

УДК 628.337

К ВОПРОСУ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ХРОМСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД

Д.Ф. Хакимов

Научные руководители Т.И. Халтурина, Т.А. Курилина
Сибирский федеральный университет

Гальванические производства металлообрабатывающих, многих химических, машиностроительных, электротехнических предприятий и других отраслей промышленности являются одними из экологически опасных производств. Сточные воды их, в большей или меньшей степени, загрязнены ионами шестивалентного хрома. Токсичность ионов хрома по отношению к водным организмам чрезвычайно высока, также ионы хрома не менее токсичны для человека и теплокровных животных.

Несмотря на сокращение объёмов сточных вод, их воздействие на окружающую среду не только не уменьшилось, но и продолжает увеличиваться. Экосистемы не справляются с поступающим объёмом загрязнений даже после существенного сокращения количества сбрасываемых сточных вод. Быстро сокращается биологическое разнообразие России, гибнут экосистемы лесов, тундр, болот, каждый десятый вид растений и животных находится на грани уничтожения. В связи с этим актуальным является разработка современных технологий эффективной очистки сточных вод.

В настоящей работе были проведены экспериментальные исследования технологического процесса гальванокоагуляционного обезвреживания хромсодержащих сточных вод с использованием различных гальванопар Fe-кокс и Fe-AУ.

Объектом исследования служили как модельные, так и реальные сточные воды производства гальванических покрытий электровагоноремонтного завода. Определение концентраций ионов хрома и железа проводили с использованием атомно-абсорбционной спектроскопии.

Для удаления Cr^{6+} из сточных вод необходимо предварительно восстановить Cr^{6+} до Cr^{3+} , а затем уже воспользоваться реакцией осаждения и вывести Cr^{3+} из сточных вод в виде нерастворимых соединений в осадок. Было установлено, что эффективность процессов восстановления Cr^{6+} и окисления Fe^{2+} до Fe^{3+} при работе гальванопары железо-кокс снижается при повышении pH до 5-8. Полное восстановление Cr^{6+} до Cr^{3+} при начальной концентрации $\text{Cr}^{6+} = 100 \text{ мг/дм}^3$ в слабокислой среде происходит при увеличении времени обработки с 5 до 20 минут. В случае применения гальванопары Fe-AУ достигается высокий эффект очистки при времени контакта 10 минут в широком интервале pH.

Так же были определены концентрации железа общего в зависимости от времени обработки с использованием гальванопары Fe-кокс и Fe-AУ. Было установлено, что концентрация общего железа в воде при гальванокоагуляции с Fe-AУ приблизительно в 2 раза больше, чем с Fe-кокс.

На основании результатов исследований разработана технологическая схема глубокой очистки хромосодержащих стоков.

УДК 69.059

ФУНДАМЕНТ ДЛЯ МАЛОЭТАЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Е.С. Корнеевец

Научные руководители Н.П. Абовский, В.И. Палагушкин

Сибирский Федеральный университет

Проблемы строительства на слабых грунтах, которые занимают в нашей стране огромные территории, остаются весьма актуальными. В статье обсуждаются проблемы разработки и проектирования новых типов фундаментов под малоэтажные здания, возводимых на слабых грунтах, которые характеризуются, с одной стороны, небольшим весом малоэтажного здания, а, с другой стороны, слабыми несущими свойствами основания.

На кафедре «Строительные конструкции и управляемые системы» ИСИ СФУ предложен новый фундаментальный принцип фундаментостроения для малоэтажных зданий на слабых грунтах, альтернативный традиционным нормативным подходам, основывающийся на использовании несущих естественных свойств слабых грунтов без их предварительного усиления специальными средствами путем пространственного формообразования фундаментной системы, обладающей большой распределительной способностью благодаря повышенной жесткости при малом весе

(и потому малочувствительной к неравномерным негативным деформациям (осадкам, просадкам, пучинистости и пр.) слабых грунтов, совмещающей в себе конструктивные (несущие, ограждающие) и технологические (в том числе теплоизоляционные) свойства).

При этом обеспечивается сохранение экологии окружающей среды, а также не нарушается природный гидрогеологический режим подземных вод. Достигается экономичность при строительстве, а также при эксплуатации (долговечность, ремонтноспособность, комфортность, сокращение теплопотерь) (рис. 1).

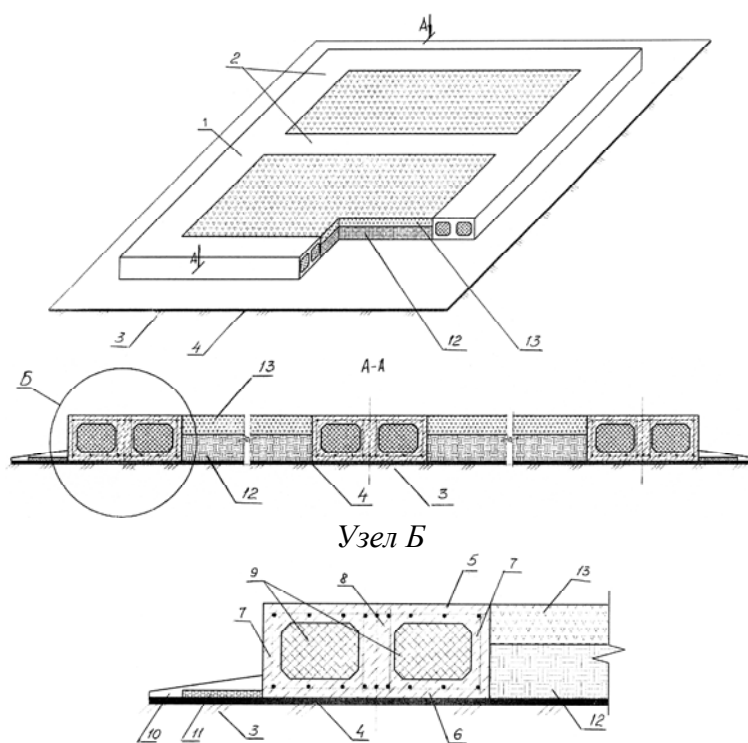


Рис. 1. Плитно-рамный фундамент для малоэтажного строительства:

1,2 – плитно-рамный фундамент; 3,4 гидроизоляционный слой на выровненном основании; 5,6 – верхняя и нижняя железобетонные плиты; 7,8 – боковое и среднее ребро, 9 – плитный утеплитель; 10 – отмостка; 11,13- утеплитель; 12 – земляная масса;

Разработан фундамент для малоэтажного строительства (заявка на полезную модель РФ № 2011100197 «Фундамент для малоэтажного строительства на слабых грунтах. Решение о выдаче патента 25.03.2011 г.»), выполненный в виде плитно-рамного фундамента под всеми несущими стенами здания (рис. 2), уложенный на выровненное основание без его усиления специальными средствами на гидроизоляционном слое в виде пленки под все здание, включая отмостку [3]. Поперечное сечение элементов плитно-рамного фундамента с выпусками арматуры имеет замкнутую коробчатую форму, состоящую из верхних и нижних железобетонных плит, объединенных с крайними боковыми и средним утолщенным ребрами,

между которыми уложен плитный утеплитель. Выступающая за плоскости наружных стен часть плитно-рамного фундамента выполняет роль цоколя, состыкована с отмостками, уложенными на утепленное основание в случае пучинистых грунтов, пространство между элементами рамы заложено земляной массой и слоем утеплителя поверху, образующим несущую конструкцию пола первого этажа. Наземное устройство плитно-рамного фундамента не требует применения специальной техники и больших объемов земляных работ, сохраняет экологию и сложившийся подземный гидрологический режим.

Применение фундамента данного типа для малоэтажного строительства на слабых грунтах в монолитном или сборно-монолитном исполнении позволяет строить в сложных грунтовых условиях (на весьма слабых, просадочных, пучинистых грунтах и др.) без предварительного упрочнения грунта, сохраняя и используя естественные свойства грунтов, совмещая конструктивные и функциональные свойства и обеспечивая прочность, жесткость.

УДК 625.76

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УПЛОТНЕНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ СЛОЕВ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НЕЖЕСТКОГО ТИПА ВИБРАЦИОННЫМ КАТКОМ С УЧЕТОМ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОКРЫТИЯ

Д.В. Швачко, В.Л. Шахова
Научный руководитель А.П. Прокопьев
Сибирский федеральный университет

Ключевые слова: коэффициент уплотнения, температура асфальтобетонной смеси, контактные напряжения, вибрационный каток, абсолютная деформация, предел прочности.

Введение

Актуальность работы. Уплотнение является технологической операцией в формировании структуры асфальтобетонных покрытий, которая определяет его эксплуатационные показатели, надежность и долговечность. Стоимость уплотнения составляет 2-4 % от стоимости строительства автомобильной дороги. Однако некачественное проведение этой технологической операции приводит к значительным потерям. Так, недоуплот-

нение всего на 1-2 % уменьшает прочность покрытия на 12-16 %, а долговечность – на 14-20 %.

Интенсивность образования остаточных деформаций в уплотняемой среде определяется величиной контактных напряжений, времени уплотнения и температурой смеси, при которых осуществляется процесс уплотнения.

Одним из путей повышения производительности и снижения энергоемкости процесса уплотнения является обоснование рациональных параметров катков и энергоэффективных режимов их работы с учетом изменения температуры поверхностного слоя в процессе уплотнения.

Цель работы: разработка имитационной модели процесса уплотнения конструктивных слоев дорожных одежд нежесткого типа вибрационным катком с учетом динамики и температуры уплотняемого слоя.

Решение задачи

Аналитическое описание процесса уплотнения асфальтобетонной смеси вибрационным катком разработано В.Б. Пермяковым и соавторами (опубликовано: «Омский научный вестник», № 1 (64)). Данное описание отражает зависимости контактных давлений вибрационного вальца и деформаций поверхности смеси под вальцом от времени контакта с уплотняемым материалом.

В данной работе рассматривается колебательная система «вибровалец – 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.

Разработка математической модели выполняется на основе реологических моделей: Ньютона; Гука; Сен-Венана. За основу принято аналитическое обоснование процесса уплотнения асфальтобетонной смеси вибрационным катком, которое отражает зависимость контактных напряжений от массы катка и времени уплотнения В.Б. Пермякова.

Результатом данного этапа работы является получение уравнения контактного давления в любой момент времени. В работе, принятой за основу, при моделировании не учитывается постоянно изменяющаяся во времени температура смеси (слоя), которая существенно влияет на свойства покрытия, а, следовательно, и на ее уплотнение.

Для учета этих факторов при теоретических исследованиях рассматривается влияние температуры уплотняемого слоя на деформационно-прочностные характеристики горячих асфальтобетонных смесей.

Свойства асфальтобетонной смеси в значительной степени определяются ее температурой. В процессе уплотнения сопротивление смеси деформированию возрастает за счет увеличения плотности и снижения тем-

пературы. Поэтому очень важно процесс уплотнения проводить в благоприятных температурных условиях, когда смесь имеет минимальное сопротивление деформированию.

Чтобы вывести зависимость коэффициента уплотнения, температуры асфальтобетонной смеси, времени и контактного давления рассмотрены зависимости влияния температуры на деформационно-прочностные характеристики горячих асфальтобетонных смесей, представленные в научной и учебной литературе.

Достичь требуемых параметров дорожного покрытия в процессе уплотнения можно при соблюдении определенного соотношения между контактными напряжениями под рабочим органом уплотняющей машины и прочностными характеристиками уплотняемого материала.

Вопрос влияния температуры на предел прочности горячего асфальтобетона рассматривался многими авторами. Установлено, что с увеличением содержания щебня в смеси предел прочности повышается в среднем на 14...17 % . С понижением температуры увеличивается предел прочности смеси.

Экспериментально в работах В.Б. Пермякова, В. Ложечко, Т. Сергеевой было установлено, что зависимость предела прочности смеси от температуры на протяжении всего процесса уплотнения носит нелинейный характер.

Экспериментальными исследованиями В.Б. Пермякова, А.В. Захаренко установлена связь между относительной величиной контактных напряжений и коэффициентом уплотнения.

Таким образом, из рассмотренных данных выявлены зависимости между коэффициентом уплотнения, температурой асфальтобетонной смеси и контактным напряжением под вальцом катка.

В ходе работы создано аналитическое описание процесса уплотнения асфальтобетонной смеси вибрационным катком, отражающее динамику колебаний вибрационного катка и реологические свойства уплотняемой асфальтобетонной смеси, с учетом изменения свойств материала покрытия от температуры, позволяющее определять рациональные режимы работы дорожного катка при уплотнении асфальтобетонных смесей.

Представлены графики, отражающие зависимости контактных давлений вибрационного вальца и деформаций поверхности смеси под вальцом от времени контакта с уплотняемым материалом. Разработана имитационная модель процесса уплотнения с использованием языка программы Matlab&Simulink.

Выводы

В процессе работы изучен процесс уплотнения асфальтобетонных смесей. Рассмотрены работы ученых по аналитическому описанию про-

цесса уплотнения вибрационным катком при изменении температуры уплотняемой поверхности асфальтобетонной смеси в процессе уплотнения. Выявлены зависимости между коэффициентом уплотнения, температурой асфальтобетонной смеси и контактным напряжением под вальцом катка. Разработана имитационная модель процесса уплотнения с учетом температуры покрытия в программе Matlab&Simulink.

УДК 624.13(075.8)

УКРЕПЛЕНИЕ ОСНОВАНИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ С ПОМОЩЬЮ ТЕРМОСТАБИЛИЗАТОРОВ

И.С. Лукьянова, Е.В. Палахина
Научный руководитель С.И. Гриб
Сибирский федеральный университет

Актуальные проблемы современного строительства на Севере – это сохранение отрицательной температуры вечномерзлых грунтов или искусственное понижение температуры мерзлого грунта, а так же промораживание талого грунта для обеспечения устойчивости фундаментов в процессе строительства и эксплуатации в условиях глобального потепления климата.

Данный способ укрепления оснований целесообразно применять в тех районах, где многолетнемёрзлый грунт имеет значительную мощность, для сооружений, выделяющих значительное количество тепла либо для протяженных сооружений (нефтепроводы), которые проходят как по вечномёрзлым грунтам, так и по талым.

Наиболее экономичными и надежными техническими решениями являются различные виды термостабилизаторов.

Термостабилизатор в общем виде представляет собой герметичную трубку, с находящимся внутри специальным хладагентом, который при низких температурах конденсируется, а при температуре близкой к нулю превращается в газ. В верхней части трубки устроен радиатор из ребер (конденсаторная часть термоустановки), которая расположена над землей примерно на метр. Зимой при отрицательных температурах газообразный хладагент в самом верху охлаждается, превращается в жидкость, стекает вниз по трубке и отдает холод грунту. Затем от грунта он нагревается, испаряется и поднимается вверх, опять охлаждается и так циркулирует, ох-

лаждающая грунт около свай. Ставится термостабилизатор в непосредственной близости от свай с учетом радиуса действия установки.

Трубчатые сезонноохлаждающие устройства (СОУ) могут устанавливаться вертикально или наклонно под углом до 90° . Для предотвращения морозного пучения грунта вокруг свай СОУ устанавливаются под углом 10° – 15° к вертикали в непосредственной близости от нижнего конца свай. Длина изделия не превышает 14,5 м. Термостабилизаторы подобного типа используются на трассе магистрального газопровода Бованенково-Ухта (Ямало-Ненецкий а.о.) протяженностью более 1000 км.

Широкое распространение на вечной мерзлоте получили глубинные СОУ, с подземной частью до 100 м: для замораживания и температурной стабилизации грунтов плотин и устьев скважин. Гибкие связи делают возможным транспортировку устройств. Многотрубные СОУ, состоящие из нескольких индивидуальных термостабилизаторов, используются на плотине на реке Ирелях в районе г. Мирного и на хвостохранилище в п. Нюрба (Якутия).

Системы «горизонтальная, естественнодействующая, трубчатая» (ГЕТ) и «вертикальная, естественнодействующая, трубчатая» (ВЕТ) применяются для укрепления фундаментов различных сооружений: резервуаров, автомобильных дорог, железнодорожного полотна – до 1000 м длиной и зданий с полами по грунту – до 100 м шириной.

Тип термостабилизаторов ГЕТ состоит из размещенных под теплоизоляцией горизонтальных охлаждающих и соединительных труб, конденсаторного блока и гидрозатвора.

Тип ВЕТ состоит из вертикальных охлаждающих труб, соединительных труб, конденсаторного блока и гидрозатвора. Применены в строительстве железной дороги «Обская-Бованенково» (Ямало-Ненецкий а.о.).

УДК 624.15

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ГРУНТАХ

Т.С. Прохорова
Научный руководитель О.М. Преснов
Сибирский федеральный университет

Напряжения в грунтах, служащих основанием для сооружения, возникают под воздействием внешних нагрузок и собственного веса грунта. Знание напряжений необходимо для расчетов деформаций грунтов, обу-

словливающих осадки и перемещения сооружений, для оценки прочности, устойчивости грунтов и давления на ограждения.

Распределение напряжений в грунтовой толще зависит от многих факторов: от состава и свойств грунта, от характера нагружения грунтового массива, от геологических особенностей площадки строительства.

Определение напряжений в массиве грунтов представляет собой сложную задачу, так как под действием собственного веса в массивах грунтов всегда формируется начальное напряженное состояние и на него накладываются напряжения, возникающие от действия сооружения. Это приводит к формированию сложного поля напряжений в грунтовой толще. Применяются разные модели, позволяющие определять изменение поля напряжений в процессе деформирования грунтов, такие, как модель теории линейного и нелинейного деформирования грунта, предельного напряженного состояния грунта, определенное с помощью теории упругости и с использованием волновой теории; но у каждой есть свои недочеты. Следует сказать, что, как правило, реальная динамика изменения состояния грунтового массива в процессе возведения и эксплуатации сооружения зачастую отличается от расчетной модели поведения. Сегодня применяется различное геотехническое оборудование для осуществления контроля за геологической средой в процессе проведения каких-либо геотехнических работ. При строительстве и эксплуатации сооружений применяются множества приборов, датчиков и оборудования для измерения осадок в грунтах, определения нагрузок и напряжений на грунт, измерения порового давления, наблюдения колебаний здания.

К таким приборам можно отнести:

- датчики 3D тензометры (измерение напряжений при испытании свай пробной нагрузкой; определение уровня напряжения в бетонных стенах; измерение напряжений в стальных сооружениях и арочных креплениях);
- датчики давления на грунт – месдозы (используются для измерения грунтового давления на подземные подпорные стенки);
- датчики парового давления;
- тестер сопротивления заземления (позволяет измерять сопротивление заземления и удельное сопротивление грунта, а также определять присутствующие в грунте паразитные напряжения);
- тензорезисторный закладной датчик ТЗБ (измерение деформаций и определение напряжений в толще эксплуатируемых или испытываемых бетонных и железобетонных конструкций);
- оборудование для контроля горизонтальных смещений грунта (серво-инклинометрические зонды, обсадные инклинометрические трубы);
- оборудование для контроля осадок грунта (послойных осадок, суммарных осадок грунта, неравномерных осадок сооружения).

Мониторинг конструкций и оснований сооружений опирается на четыре типа методик:

1) геодезические измерения. Необходимы для определения перемещений и осадки объекта. Выполняются как с помощью традиционной нивелировки, так и с использованием современных цифровых датчиков, спутниковых GPS-технологий, возможно лазерное сканирование объекта;

2) инженерно-геологические наблюдения состояния грунтового массива в основании и в окрестности здания. В зависимости от выбора датчиков можно вести мониторинг осадок грунтов основания, уровня воды, порового давления в породах;

3) измерения нагрузок и деформаций в конструкциях фундамента и надземной части;

4) сейсмометрические методики. Могут выполняться различными измерительными устройствами – деформографами, наклономерами и сейсмометрами.

Инструменты мониторинга объединяются в единую схему с помощью программного комплекса, управляющего сбором, обработкой и анализом информации. Подбор и размещение датчиков определяется путем анализа материалов инженерно-геологических изысканий, расчетов статичности и динамики сооружения. Благодаря инструментальному мониторингу мы можем дать сведения о состоянии конструкций и грунтов основания зданий, что позволяет нам следить за длительностью службы строящегося или эксплуатируемого здания или сооружения.

УДК 669.972.16

ВЫБОР ПРОТИВОМОРОЗНЫХ ДОБАВОК ДЛЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА

Н.К. Болябанов, М.Ю. Коваленко
Научный руководитель В.А. Шевченко
Сибирский федеральный университет

Регион Красноярского края отличается суровыми климатическими условиями, в которых продолжительность периода с отрицательными температурами наружного воздуха может достигать до девяти месяцев. При этом одной из острых проблем современного строительного производства является обеспечение условий возведения бетонных и железобетонных сооружений в условиях низкой температуры.

Необходимость проведения бетонных работ в течение всего года требует выбора оптимальных условий выдерживания бетона в зимний период при отрицательных температурах. Известен ряд методов зимнего бетонирования, многие из которых предполагают использование дополнительно подводимого тепла, что не всегда является осуществимым в условиях строительной площадки. Альтернативой прогревным методам, а иногда и хорошим дополнением к ним является так называемый «холодный» метод, суть которого заключается во введении в бетонную смесь специальных химических веществ, снижающих температуру замерзания воды, присутствующей в ней. В результате бетонная смесь продолжает твердеть в условиях отрицательных температур за счет сохранения воды в жидкой фазе и возможности протекания реакции гидратации.

Номенклатура противоморозных добавок достаточно широка, и постоянно расширяется. Целью данной работы была оценка эффективности новых добавок, предлагаемых производителями на рынке г. Красноярска для использования их при возведении коттеджного поселка «Удачный». Работа была проведена по заданию ООО «Инком-Сосны». Критерием выбора добавок была техническая эффективность в совокупности с экономичностью выбранного варианта.

В работе были использованы следующие добавки: комплексная противоморозная добавка Бенотех – ПМП-1 (производитель – г.Новосибирск); противоморозные добавки Криопласт – П25-1 и Nord (производитель – фирма «Полипласт») и местная добавка на основе минерализованных стоков завода «Красцветмет» в сочетании с ингибитором коррозии стальной арматуры – нитритом натрия NaNO_2 . Оценка эффективности их действия производилась согласно методикам, регламентируемым ГОСТ 30459-2003 «Добавки для бетонов. Методы определения эффективности». Было изучено влияние добавок на свойства цементного теста и цементного камня, а также на прочность тяжелого бетона, твердеющего в условиях положительных и отрицательных температур. Условия выдерживания бетона были приняты естественными, т. е. при температуре наружного воздуха в период с декабря по март, и искусственными, т. е. при постоянной отрицательной температуре в лабораторной морозильной камере.

Составы бетона для всех видов добавок были приняты одинаковыми, а бетонная смесь после приготовления имела одинаковую подвижность, равную 2-3 см по осадке стандартного конуса. Материалы для приготовления бетонов использованы те, которые применяются на заводах ЖБИ г. Красноярска – портландцемент Красноярского цементного завода, щебень и песок Березовского карьера.

Температурный график естественных условий выдерживания образцов бетона представлен на рис. 1. За указанный период температура наружного воздуха опускалась до $-32\text{ }^{\circ}\text{C}$ и поднималась до $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Полученные результаты испытаний представлены в табл. 1.

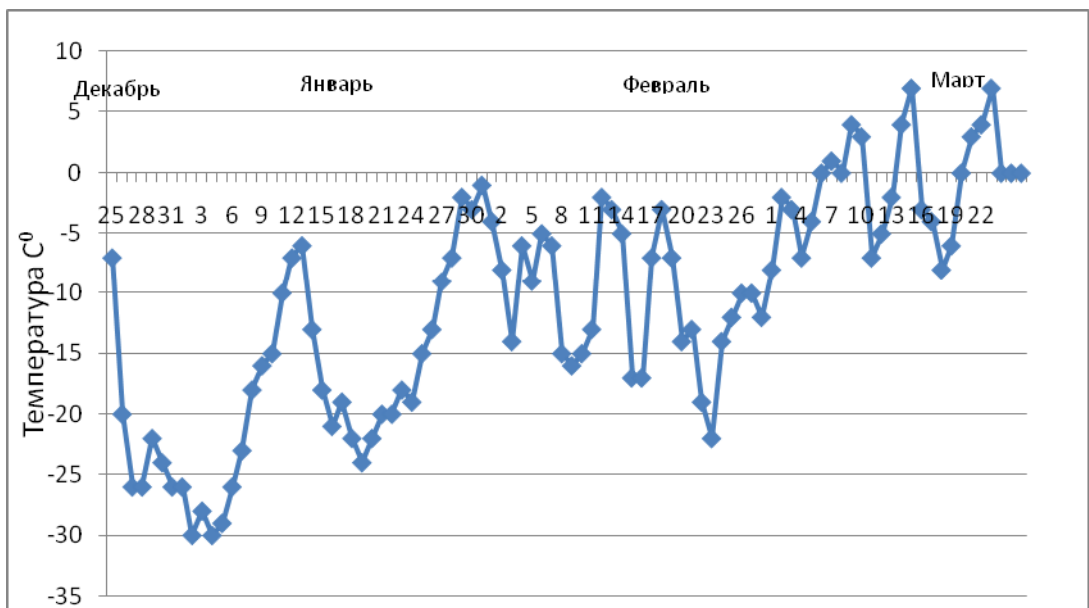


Рис. 1. Температурный график выдерживания образцов бетона в естественных условиях

Таблица 1. Прочность бетона с противоморозными добавками

Виды добавок	Прочность при сжатии, МПа, условия твердения	
	нормальные	естественные
Без добавки	51,2 / 100	13,2 / 26
ПМП-1	60,1 / 117	29,3 / 57
Nord	57,6 / 113	20,1 / 39
Криопласт	43,6 / 86	21,9 / 43
Стоки + NaNO ₂	60,6 / 118	29,2 / 57

Прочностные показатели бетонов в зависимости от вида добавки не являются равнозначными. Наибольшую относительную прочность (в сравнении с прочностью образцов нормального твердения) после выдерживания в условиях отрицательных температур показали образцы с комплексной противоморозной добавкой ПМП-1, и с добавкой на основе солевых стоков завода «Красцветмет» в сочетании с ингибитором коррозии.

Следует отметить, что указанные противоморозные добавки одновременно являются и ускорителями твердения, о чем свидетельствует прирост прочности образцов, выдержанных в нормальных условиях.

Из двух эффективных противоморозных добавок более экономичной является добавка на основе местных отходов промышленности, так как

имеет в своем составе только один специально получаемый компонент – нитрит натрия NaNO_2 .

Полученные результаты позволили выбрать наиболее оптимальную и экономичную добавку, позволяющую получить максимальный эффект при выдерживании тяжелого бетона в зимних условиях при строительстве конкретного объекта – коттеджного поселка «Удачный» в г. Красноярске.

УДК 69

ИСКУССТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ ЛЕСТНИЧНЫХ КЛЕТОК

О.С. Ястребова, Д.С. Прокопьева, А.Ф. Харисова

Научный руководитель Д.А. Михеев

Сибирский федеральный университет

В соответствии с требованиями нормативной документации СНиП 23-05-95* «Естественное и искусственное освещение» и СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий» показатель искусственного освещения на лестничных клетках должен составлять не менее 50 лк. При этом нормируемая освещенность должна быть обеспечена как на поверхности площадок (этажных и междуэтажных), так и на проступях ступеней лестничных маршей.

Для выяснения соответствия фактических показателей нормативным требованиям нами были осуществлены натурные измерения уровня освещенности в ряде подъездов жилых зданий. При постановке экспериментов расчетные точки выбирались в центре этажной и междуэтажной площадок, а также на средней ступени марша, как показано на рис. 1.

Замеры освещенности производились для ламп накаливания мощностью 40, 60, 75 и 100 Вт, а также энергосберегающих ламп, или компактных люминесцентных ламп (КЛЛ), мощностью 11 и 20 Вт (мощность в эквиваленте к лампам накаливания составляет 55 и 100 Вт соответственно). Результаты замеров представлены на рис. 2.

Как видно из графиков, нормативные требования по искусственному освещению лестничных клеток не обеспечивает ни одна из рассмотренных ламп. В соответствии с требованиями п. 8 ст. 10 Федерального закона Российской Федерации № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» выпуск и применение ламп накаливания мощностью 100 Вт и более с 1 января 2011 г. не допускается, а

применение более мощных КЛЛ может привести к экономически неоправданному повышению жилищно-коммунальных тарифов.



Рис. 1. Схема расположения точек замеров освещенности

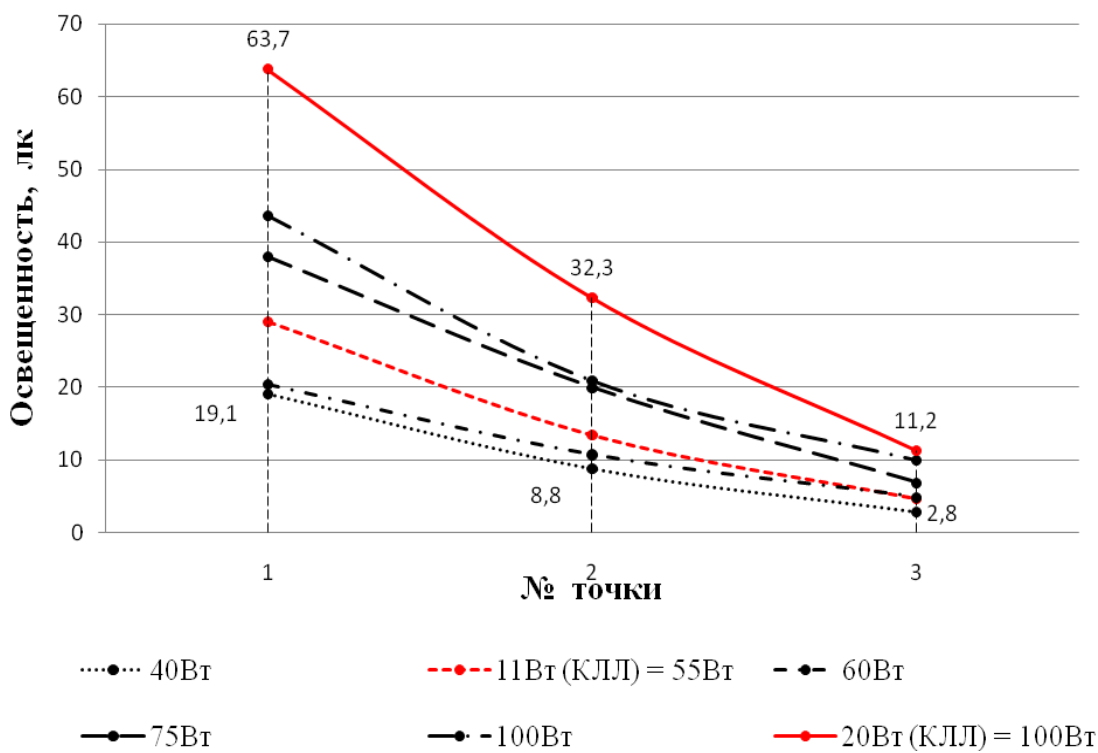


Рис. 2. Графики изменения освещенности в зависимости от мощности ламп

Для обеспечения нормативных показателей искусственной освещенности наиболее перспективным и оправданным, на наш взгляд, является установка дополнительных осветительных приборов на междуэтажных площадках и окраска стен лестничных клеток в более светлые тона с целью повышения величины средневзвешенного коэффициента отражения поверхностей.

УДК 628.1

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ВЫБОРУ ТИПА КОАГУЛЯНТА НА ВОДОЗАБОРЕ «ГРЕМЯЧИЙ ЛОГ» г. КРАСНОЯРСКА

М.В. Ковалева

Научные руководители Т.Я. Пазенко, А.Ф. Колова
Сибирский федеральный университет

На водозаборе «Гремячий Лог» г. Красноярска существует следующая схема водоподготовки: вода забирается из реки Енисей с помощью руслового водозабора и насосами насосной станции I подъема подается на очистные сооружения, хлорируется, фильтруется через барабанные сетки и скорые фильтры с двухслойной загрузкой из дробленого керамзита и кварцевого песка, а затем насосами насосной станции II подъема подается в водопроводную сеть города. Во время паводка из-за повышенной мутности воды в воду перед фильтрами дозируют коагулянт $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ (СА). Фильтры в этом случае работают по принципу контактной коагуляции. Особенностью работы водозабора «Гремячий Лог» является низкая температура воды в течение длительного времени года, что замедляет процесс коагуляции.

Современной тенденцией использования реагентов в России является переход при коагуляции от сернокислого алюминия к оксихлоридам или полиоксихлоридам алюминия.

В настоящее время существует семь основных способов получения оксихлоридов алюминия (ОХА) или полиоксихлоридов алюминия (ПОХА). Получаемые при этом продукты имеют различную основность, т. е. различное соотношение содержания гидроксид-иона и иона алюминия. У разработчиков технологии получения ОХА сложилось мнение, что чем выше основность, тем лучше коагулянт для очистки питьевой и сточной воды. Однако многочисленные примеры свидетельствуют о противоположном результате: оптимальными по затратам и коагулирующей способ-

ности оказываются среднеосновные и даже низкоосновные оксихлориды алюминия.

Основные российские производители коагулянтов (ОХА и ПОХА) находятся в городах Москве, Перми, Хабаровске, Кемерово, Новосибирске, Стерлитамаке. Наиболее географически близким к г. Красноярску является производство ЗАО «Сибресурс» (г. Новосибирск).

Нами в условиях водозабора «Гремячий Лог» г. Красноярска были проведены лабораторные испытания по определению сравнительной эффективности различных типов коагулянтов: ОХА с различным соотношением Al/Cl (1,21; 1,36; 1,55; 1,74; 1,83), Люкс, Аква-АуратTM, титановый коагулянт. Технические характеристики исследованных коагулянтов приведены в табл.1.

Таблица 1. Технические характеристики коагулянтов

Коагулянт	Производитель	Технические характеристики коагулянта				
		плотность, г/см ³	pH ед.	содержание Al_2O_3 , %	атомное соотношение Al/Cl	форма выпуска
Оксихлорид алюминия (ОХА)	ЗАО «Сибресурс», г. Новосибирск	1,35	2,83	20,8	1,21	жидкость
	ЗАО «Сибресурс», г. Новосибирск	1,338	2,85	21,03	1,36	жидкость
	ЗАО «Сибресурс», г. Новосибирск	1,324	3,38	20,55	1,55	жидкость
	ЗАО «Сибресурс», г. Новосибирск	1,32	3,5	21,41	1,74	жидкость
	ЗАО «Сибресурс», г. Новосибирск	1,308	4,18	20,77	1,83	жидкость
Люкс	ЗАО «Сибресурс», г. Новосибирск	1,03	4,01	20,83		жидкость
Аква-Аурат TM 30	ОАО «Аурат», г. Москва			30		порошок
Титановый	ОАО «ЯНТК», Республика Коми, г. Ухта			85		порошок

Исследования проводили на грязной промывной воде фильтров, так как по качеству она соответствует воде р. Енисей в паводковый период.

Коагулянт вводили в виде раствора, содержащего 1 мг Al_2O_3 в 1 мл воды. Доза коагулянта была выбрана на основании ранее проведенных исследований и составляла 10 мг/л (по Al_2O_3). Через 10 мин после ввода коагулянта воду фильтровали через загрузку, соответствующую по гранулометрическому составу загрузке скорых фильтров, в фильтрате определяли реакцию среды, мутность, цветность и концентрацию остаточного алюминия. Цветность воды определяли после центрифугирования пробы на лабораторной центрифуге для исключения влияния взвеси на оптическую плотность. В качестве контрольного опыта проводили фильтрацию без введения коагулянта.

Результаты испытаний приведены в табл. 2.

Таблица 2. Сравнение эффективности различных коагулянтов

	показатели				
	pH	ΔpH	мутность, мг/л	цветность, град	остаточный алюминий, мг/л
Исходная вода	7,66		9,98	11,48	
Фильтрованная вода (без коагулирования)	7,74		1,914	8,87	
Вода, обработанная коагулянтом					
ОХА Al/Cl 1,21	7,56	-0,1	1,334	2,74	0,102
ОХА Al/Cl 1,36	7,2	-0,46	3,596	5,87	0,102
ОХА Al/Cl 1,55	7,55	-0,11	1,218	3,65	0,034
ОХА Al/Cl 1,74	7,63	-0,03	2,784	4,96	0,199
ОХА Al/Cl 1,83	7,55	-0,11	5,394	5,61	0,214
Люкс	7,62	-0,04	2,842	4,3	0,0068
Аква-Аурат™ 30	7,38	-0,28	1,276	2,22	0,0357
Титановый коагулянт	7,64	-0,02	2,9	8,22	0,165

Как видно из таблицы, наилучшие результаты по мутности показали коагулянты ОХА с соотношением Al/Cl 1,55 и Аква-Аурат™ 30. Цветность и содержание остаточного алюминия во всех опытах были в пределах допустимых значений.

Таким образом, наиболее эффективными в условиях водозабора «Гремячий Лог» являются коагулянты ОХА с соотношением Al/Cl 1,55 и Аква-Аурат™ 30. Зависимости между соотношением Al/Cl и изменением pH не обнаружено.

ОБРАБОТКА И УТИЛИЗАЦИЯ ОСАДКА МАСЛОЭМУЛЬСИОННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

А.Г. Шульц, А.Н. Филиппова

Научные руководители Т.И. Халтурина, О.В. Чурбакова

Сибирский федеральный университет

В настоящее время одной из наиболее острых экологических проблем является управление свойствами и составом осадков сточных вод, содержащих эмульгированные и растворенные нефтепродукты, для предотвращения негативного воздействия на окружающую природную среду. И эта проблема требует изучения состава, структуры и свойств различных осадков, выявления возможностей изменения их исходных свойств и определения оптимальных параметров обработки для последующей утилизации.

Этим и определяется актуальность исследований.

Для интенсификации процесса обезвоживания осадка сточных вод известно применение вспомогательных веществ, которые являются тонкодиспергированными, проницаемыми для жидкости материалами, не изменяющими заряда частиц осадка и создающими крупнопористую структуру.

В качестве вспомогательного вещества нами был применен мелкодиспергированный уголь Березовского разреза Красноярского края, фракцией 0,5 ÷ 2,5 мм.

Характеристики: размер частиц 0,1 – 30,0 мм.; влажность 30 ÷ 40 %; калорийность 3400 ккал/кг; выход летучих веществ до 48 %.

Таблица

Доза угля, мг/л /доза угля в % от массы сухого вещества/	0 /0/	115 /1/	300 /2,5/	600 /5/	900 /7,5/	1200 /10/
Удельное сопротивление фильтрации, $\times 10^{10}$ см/г	306,7	139	109,33	106,3	158,3	162,9
Плотность, г/см ³	0,937	0,946	0,950	0,969	0,983	0,996
Влажность, %	99,15	99,22	99,25	99,20	99,08	98,74
Зольность, %	39,10	43,97	47,31	48,68	49,08	50,14
Замасленность, %	31,30	36,7	43,06	45,62	49,67	54,45
Сухое вещество, г/л	11,56	13,57	13,17	16,86	19,15	22,89
Влажность кека, %	43,3	23,67	19,74	22,65	22,18	23,36

Эксперимент проводился следующим образом: в емкости наливался равный объем натурального осадка (500 мл), добавлялся диспергированный уголь в различных дозах, в зависимости от массы сухого остатка (1 %, 2.5 %, 5 %, 7.5 %, 10 %), перемешивали в течении 5 минут затем отстаивали 1,5 часа и определяли свойства обработанного осадка.

Результаты исследований показали, что обработка осадка углем снижает удельное сопротивление фильтрации в 3-4 раза и уменьшает влажность кека на 45 %.

Обезвоженный осадок может быть подвергнут сжиганию, поскольку обладает повышенной теплотворной способностью. Зола образующаяся при сжигании, может применяться в качестве присадочного материала.

УДК 624.012.3

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЗДАНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ В СТАЛЬНЫХ ОБОЙМАХ УСИЛЕНИЯ КОЛОНН

Е.Н. Киселева

Научный руководитель А.А. Юрченко

Сибирский федеральный университет

При увеличении нагрузок на железобетонные колонны, а также при повреждениях, полученных при неправильном эксплуатировании, возникает необходимость усиления их несущей способности.

Для этой цели наиболее часто применяют методы заключения их в обоймы из уголков, скрепленных поперечными планками. Для включения в работу этих обойм используют различные способы создания предварительного напряжения. Наибольшее распространение из них получил способ создания предварительного напряжения в вертикальных элементах по методу Н.М. Онуфриева [1], при котором предварительно изогнутые распорки, состоящие из двух спаренных уголков, скрепленных поперечными планками, выпрямляют с помощью болтового соединения, придавая им вертикальное положение.

Помимо способа Н.М. Онуфриева известны и другие способы создания предварительного напряжения в вертикальных уголках в основном с помощью болтовых соединений. Увеличения несущей способности в колоннах со стальными обоймами добиваются также и с помощью создания напряжения в поперечных планках, приваренных к вертикальным уголкам, при которых возникает эффект всестороннего обжатия бетона. Однако

вследствие отсутствия обоснованных рекомендаций по оценке их напряженно-деформированного состояния эти способы не находят широкого применения.

Для повышения эффективности создания предварительного напряжения в обоймах был разработан способ усиления с упорным устройством (рис. 1), которое навешивается в опирной зоне на стальную обойму колонны. Предварительное напряжение осуществляется двумя установленными с разных сторон колонны гидравлическими домкратами, нижняя часть которых опирается – через распределительные элементы на упорные уголки, а верхняя часть – шток домкрата воздействует на упорное устройство.

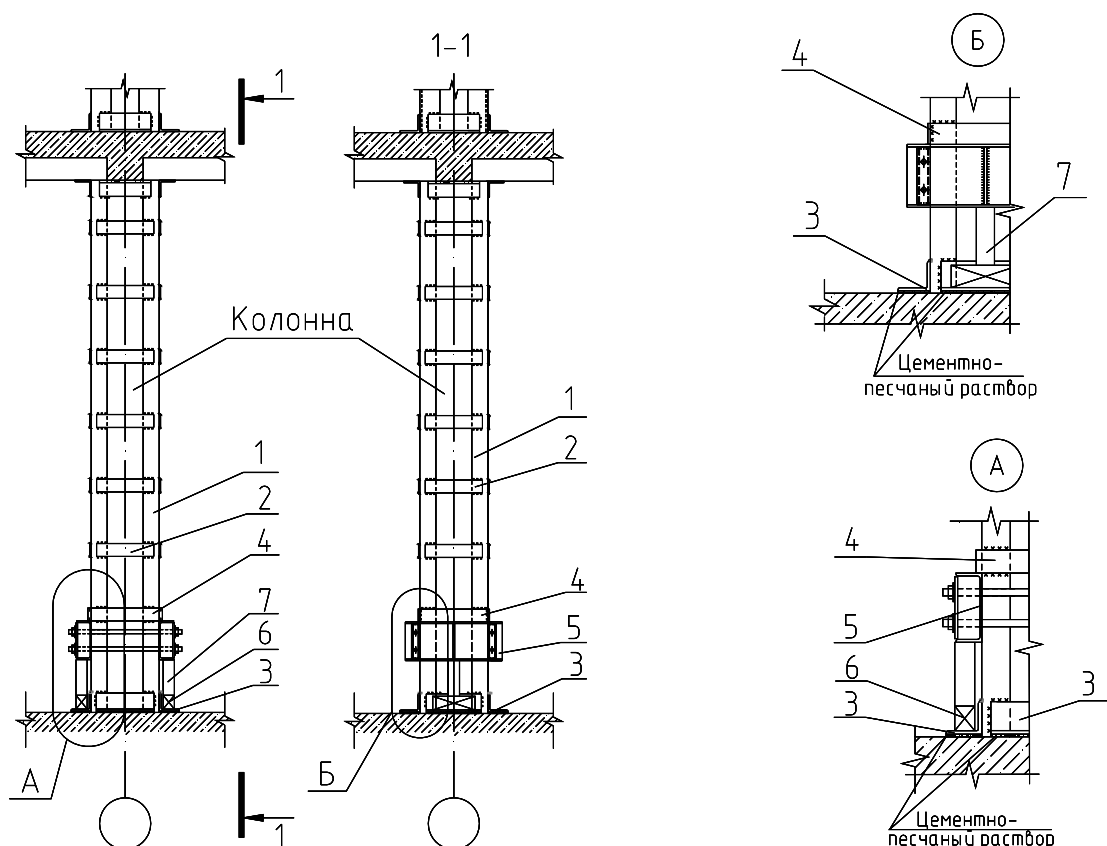


Рис. 1. Схема усиления колонны:

1 – вертикальные уголки; 2 – поперечные планки; 3 – опорные уголки; 4 – упорные поперечные планки; 5 – швеллера; 6 – распределительные элементы; 7 – домкраты

Упорное устройство представляет собой траверсу, состоящую из двух симметрично расположенных швеллеров, соединенных между собой болтовыми соединениями с возможностью упора в поперечные планки обоймы. При необходимости создания дополнительного упора траверсы поперечные планки обоймы, смежные с планками, которые являются упором для швеллеров траверсы, могут выполняться удлиненными с выступающими за грани обоймы концами.

Предусматривается, что усиление будет проходить в такой последовательности. На ребра колонн устанавливаются вертикальные уголки и временно скрепляются тремя инвентарными стробцинами, равномерно расположенными по высоте колонны, привариваются верхние опорные уголки и упорные поперечные планки, навешивается упорное устройство и устанавливаются два домкрата на распределительные элементы, находящиеся на нижних опорных уголках. Затем подается давление в гидравлическую систему домкратов и предварительное напряжение обоймы доводится до требуемого значения. После этого, не снимая давления с домкратов, к вертикальным уголкам привариваются нижние опорные уголки. Далее к вертикальным уголкам приваривают и остальные поперечные планки сначала одним концом в шахматном порядке, затем, разогревая их до 150-250 °С, – вторым концом.

Преимущество предложенного способа заключается в расширении области использования устройства для усиления колонн, которые имеют в верхней части наклонные или горизонтальные опорные поверхности для обоймы, в уменьшении материалоемкости и снижении трудоемкости за счет более рациональной конструкции распорного устройства, что обусловлено применением гидравлических домкратов, опирающихся на нижние опорные уголки и передающих распорное усилие на упорное устройство, навешенное на металлическую обойму. Преимуществом является и то, что при таком усилении в обойме создается хорошо контролируемое усилие предварительного напряжения и повышается прочность бетона колонны в условиях всестороннего обжатия.

УДК 624.011.2

КОНСТРУИРОВАНИЕ ДЕРЕВЯННОГО МОДУЛЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СТРУКТУРНЫХ ЗДАНИЙ «ЗАМКНУТОГО ТИПА»

В.В. Захарюта

Научный руководитель И.С. Инжутов

Сибирский федеральный университет

Большую часть территории Красноярского края занимают слабые и вечномёрзлые грунты. Освоение их представляет перспективу развития экономики края. Однако трудность заключается в дороговизне и трудоемкости изготовления фундамента, в существенной зависимости верхнего строения от осадок и смещения фундаментной конструкции. В традицион-

ных решениях зданий имеет место функциональная и структурная разобщенность элементов, которая выражается в расходе материалов, невыгодных условиях их работы, в изготовлении элементов по разным технологиям, различных способах монтажа, транспортировки, в технико-экономических показателях и архитектурно-планировочных решениях. Наряду с этим недавние события в Японии, где произошло землетрясение магнитудой 9 баллов, еще раз доказали необходимость разработки надежных, сейсмостойких зданий.

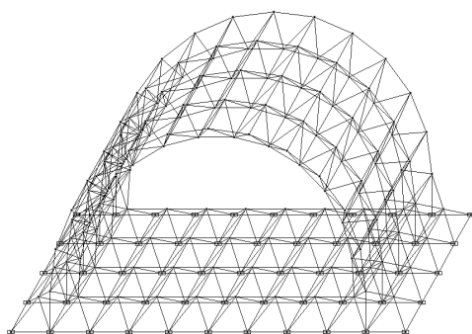


Рис. 1. Расчетная схема здания «замкнутого типа» арочного очертания

Проблеме конструирования зданий «замкнутого типа» посвящены труды Н.П. Абовского, С.Н. Абовской и др. Они рассмотрели проблему формообразования и возможность создания различных архитектурных решений сейсмостойких зданий при помощи однотипных элементов. В качестве основного элемента выступает сталежелезобетонный модуль (рис. 2).

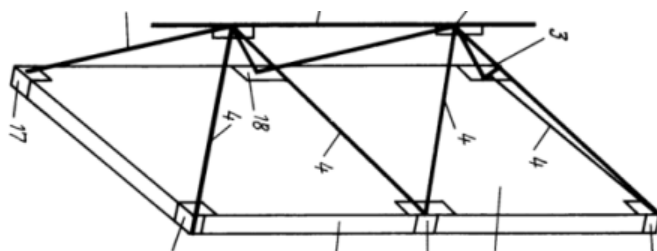


Рис. 2. Сталежелезобетонный элемент

Предлагаемое решение состоит в использовании полносборных зданий замкнутого типа из унифицированных деревянных модулей на сборном фундаменте из сталежелезобетонных элементов. Именно замкнутость и большая площадь основания предлагаемого типа зданий призвана обеспечить их надежность при неравномерных осадках основания. Замкнутость обеспечивает совместную работу всех элементов здания, их пространственное взаимодействие и эффективное перераспределение усилий, в том числе восприятие распора верхнего рамного или арочного строения.

Целью настоящего исследования является синтез достоинств и положительных качеств известных конструкций, перенос их на здания «замкнутого типа», при одновременном преодолении недостатков.

Предлагается здание «замкнутого типа» пролетом 12 м, длиной 36 м, и высотой 10 м запроектированное под нагрузку IV снегового и IV ветрового районов.

В качестве основного строительного элемента применяется деревянный «модуль». Конструкция «модуля» показана на рисунке 3. «Модуль» представляет собой совокупность деревянных стержневых элементов в форме пирамиды. Основанием служит клефанерная плита с одной обшивкой, либо с двумя в утепленном варианте. Ячейка основания принята 1,5 x 1,5 м. Угол между основанием и раскосами составляет 45° . Сечение раскосов 75 x 75 мм, возможно применение раскосов круглого сечения. Сечение ребер плиты 150 x 75 мм. Соединяя данные модули в основании и закрепляя вершины пирамид дополнительными распорками, образуется некая плита, которая может служить как стеновой панелью, так и перекрытием или покрытием. Изменяя угол между модулями, можно добиться различного очертания здания.

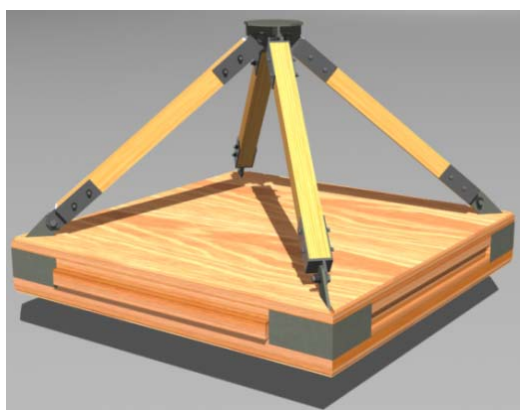


Рис. 3. Строительный элемент «модуль»

Разрабатывается система универсальных узлов, рассчитанная на упрощение конструкции модуля, за счет минимизации составляющих компонентов. Эти узлы выполняются из тонколистового штампованного металла либо пластика при болтовом соединении. Возможен вариант соединения путем ввинчивания элементов в конструкцию узла. Для разработки данной системы был проведен анализ существующих решений узлов применяемых в структурах. Наиболее экономичным выглядит создание узла из тонколистового металла. Для создания сопряжения раскосов достаточно двух типоразмеров фасонки, которые позволяют смоделировать ситуации соединения 4-8 элементов. Фасонки выполнены с отверстиями под болтовое соединение. После изготовления производят загиб на угол 90° либо 45° в зависимости от модуля, в котором они будут применяться. Данная техно-

логия позволяет избежать неиспользованных отверстий, которые обычно встречаются в универсальных узлах.

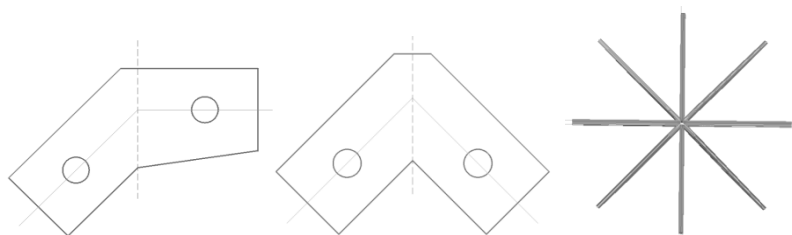


Рис. 4. Фасонки, применяемые для создания узла сходящихся раскосов

Соединение раскоса с ребрами плиты достигается за счет применения фасонки показанной на рис. 5. Лепестки этого узла заходят в ребра и соединяются с ними при помощи нагелей либо запрессованных дюбелей.

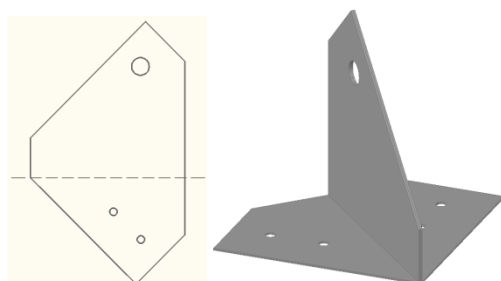


Рис. 5. Фасонка, применяемая для создания узла сходящихся раскоса и ребер плиты

Для придания узлу большей жесткости фасонки соединяются точечной сваркой. Основное соединение происходит за счет обжатия болтом. Ведется разработка шарнирного узла соединяющего «модули» под определенным углом для создания криволинейного очертания.

Предлагаемое полносборное здание характеризуется совокупностью следующих факторов и показателей:

- деревянные модули при минимальном количестве типоразмеров могут использоваться для создания зданий в целом, включая конструкции покрытия, перекрытия и несущих стен;
- из однотипных элементов можно собирать разнообразные по форме и назначению здания;
- однотипность элементов создает преимущества для их изготовления, транспортировки и монтажа;
- при монтаже здания из деревянных модулей сразу образуется пространственный блок, не требующий дополнительных связей;
- расположение технических коммуникаций внутри объема «модулей»;
- применение практически для любых грунтовых условий, в том числе для слабых и вечномёрзлых грунтов;

- крайне низкий вес деревянных модулей, позволяющий собирать конструкцию без применения тяжелого подъемного оборудования;
- простая конструкция узловых соединений, однотипность фасонек, представляющих собой тонколистовые штампованные элементы;
- пространственная система замкнутого типа на основе многосвязного каркаса отвечает повышенным требованиям к безопасности эксплуатации здания, что крайне актуально при строительстве сооружений в суровых условиях Сибири, Крайнего Севера и сейсмичных районах.

УДК 69.059

РАСЧЕТ ЗДАНИЯ НА СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

А.В. Бастрыгина

Научный руководитель Н.И. Марчук

Сибирский федеральный университет

Хотя динамические нагрузки, действующие на строительные конструкции, могут иметь различную природу и вызываться различными воздействиями – ветром, волновыми возмущениями или колебаниями при движении транспорта, наибольший интерес для инженера-строителя, безусловно, представляют воздействия от землетрясений. Важность проблемы обеспечения сейсмостойкости выходит за рамки текущих потребностей строительства в сейсмических районах.

Сейсмические воздействия, являющиеся результатом землетрясений, относятся к категории динамических нагрузок. Колебания сооружений при землетрясениях вызваны колебательными перемещениями его основания.

Главная задача сейсмостойкого строительства – это возможность проектирования сооружений с достаточно малой вероятностью их разрушения при сейсмических воздействиях.

В предлагаемой работе рассматривается задача расчета на сейсмические воздействия 20-этажного каркасного здания высотой 70 м, расчетная схема которого представлена плоской рамой, с приложенными в узлах сосредоточенными массами.

Расчет выполнялся спектральным методом, по нормам СНиП II-7-81* на горизонтальное воздействие акселерограмм: 1m1-h, приведенной в базе данных расчетного комплекса SCAD, соответствующей сейсмичности семью баллов и Эль-Центро (Калифорния, 1940 г.) – относится к 9- балльным землетрясениям.

При расчете по нормам СНиП II-7-81* было принято: категория грунта – II; тип сооружения – жилые, общественные, производственные здания; характеристика конструкции – высокие сооружения небольших размеров в плане; сейсмичность – 7 и 9 баллов в горизонтальном направлении; допускаемые повреждения элементов зданий – допускаются повреждения (здание с железобетонным каркасом, с диафрагмами и связями).

Расчеты на действие акселерограмм выполнялись по программе SCAD, как для недемпфированных систем, так и с учетом затухания колебаний. При выполнении расчетов на сейсмические воздействия учитывалось до 50 форм собственных колебаний.

Для получения общего представления о свойствах конструкций здания вначале был выполнен расчет здания на собственные колебания. При этом были получены частоты, периоды и формы собственных колебаний здания.

Полученные результаты динамического анализа здания в виде максимальных перемещений и расчетных изгибающих моментов при расчете по нормам СНиП II-7-81* и выборки максимальных перемещений и моментов при расчете на действие акселерограмм сравнивались с результатами сейсмического расчета.

УДК 624.15

УСТРОЙСТВО ФУНДАМЕНТОВ НА НАБУХАЮЩИХ ГРУНТАХ

Н.Ю. Кожевникова

Научный руководитель О.М. Преснов

Сибирский федеральный университет

К набухающим грунтам, в соответствии с ГОСТ 25100-95, следует относить глинистые грунты, которые при замачивании водой или другой жидкостью увеличиваются в объеме и имеют относительную деформацию набухания безнагрузки $\varepsilon_{sw} \geq 0,04$. Также способность набухать имеют некоторые виды шлаков и ненабухающие грунты, если замачиваются отходами химических производств.

При выборе фундамента на таких грунтах важное значение имеют не только правильный выбор глубины заложения, точность разбивочных работ, соблюдение технологических процессов, но и верный выбор конструкции фундамента.

При проектировании оснований следует учитывать:

1. набухание за счет подъема уровня подземных вод;
2. набухание за счет накопления влаги под сооружением;
3. изменение водно-теплового режима;
4. усадку за счет высыхания.

Устойчивость сооружений, обеспечивается за счет подготовки основания:

1. устранение набухающих свойств грунтов;
2. применение компенсирующих грунтовых подушек;
3. замена слоя набухающего грунта другим грунтом.

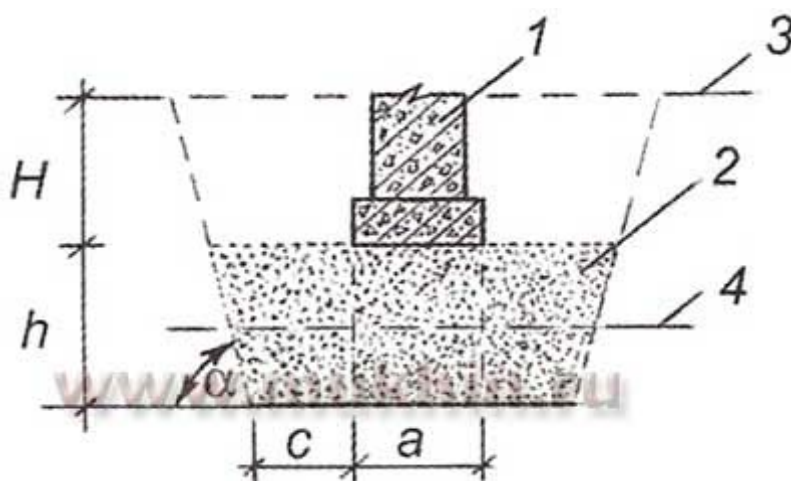


Рис. 1. Схема устройства компенсирующей подушки:

1 – ленточный фундамент; 2 – песчаная подушка; 3 – отметка планировки; 4 – отметка кровли (верха) набухающего грунта; H – глубина заложения фундамента; a – ширина фундамента; h – высота песчаной подушки; c – отрезок компенсационной подушки.

Компенсирующие подушки (рис. 1) применяются в целях уменьшения величины неравномерности подъема ленточных фундаментов при замачивании основания из набухающих грунтов.

Использование свайных фундаментов с полной прорезкой слоев набухающих грунтов предотвращает вредное воздействие набухания, но не исключает его влияния на полы и конструкции.

Применение свай с частичной прорезкой толщи набухания приводит к уменьшению поднятия фундаментов в случае, если нижележащий слой имеет небольшую мощность.

Пирамидальные сваи следует проектировать так, чтобы зона деформации от внешней нагрузки не выходила за пределы зоны уплотнения.

Набивные сваи следует использовать для зданий повышенной этажности, при пробивке скважины грунт околосвайного пространства уплотняется и увеличивается несущая способность свай.

Призматические забивные и буронабивные сваи с уширением пяты. Нижний уширенный конец свай погружается в ненабухающий грунт. Го-

горизонтальные воздействия усадки и набухания устраняют с помощью обратной засыпки пазух песком и укладки в зоне подошвы ростверка продольной арматуры, воспринимающей горизонтальные поперечные разрывающие усилия.

УДК 624.15

ОСНОВНЫЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗАСОЛЕННЫХ ГРУНТОВ

А.П. Рыжакова

Научный руководитель О.М. Преснов

Сибирский федеральный университет

В нашей стране общая площадь засоленных грунтов составляет примерно 750 000 км². Общая географическая закономерность распределения солей подчиняется климатическим условиям территории. Так, на севере, где количество осадков больше количества испаряющейся воды, почвогрунты наиболее выщелочены, по мере же движения на юг или на юго-восток количество солей в почвогрунтах все более возрастает. В области влажных субтропиков и тропиков количество осадков снова увеличивается, и поэтому грунты становятся выщелоченными часто даже более значительно, чем на севере.

При формировании засоленных почв одним из основных факторов является сухой климат, для которого характерны высокий расход влаги на испарение и малое количество атмосферных осадков. Этим и объясняется то, что именно в местах засушливого климата, на побережье океанов и морей распространены грунты, содержащие различные соли. Источником солей могут быть продукты выброса извергающихся вулканов и промышленных предприятий, а также поверхностные и подземные воды, соль в которые попадает с током воздуха, захватывающего соли с поверхностей океанов, морей и солончаковых пустынь.

Как уже говорилось, перераспределение солей по земной поверхности происходит вследствие их переноса поверхностными подземными водами, обладающими большой растворяющей способностью, а также перемещения (импульверизации) солей ветром в виде твердой пыли или в растворенном виде с брызгами морской воды и атмосферными осадками. Эффект перераспределения солей в грунтах и горных породах существенно зависит от количества выпадающих осадков, условий поверхностного сто-

ка и испарения, режима движения подземного потока и от фильтрационных свойств грунтов.

Процесс засоления характеризуется преимущественным накоплением солей. Накопление солей в грунтах начинается с растворения подземной водой труднорастворимых соединений железа, кремнезема, карбонатов кальция. По мере увеличения общей концентрации солей в подземной воде в этот процесс вовлекаются сначала Na_2SO_4 и затем MgSO_4 . Одной из характерных разновидностей засоленных грунтов, отличающихся специфическими особенностями физических свойств, являются *солончаки*, представляющие собой бесструктурную соленосную почву. Солончаки могут быть карбонатными (CaCO_3 и MgCO_3), сульфатными ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и $\text{NaSO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), галоидными (CaCl_2 , MgCl_2 и NaCl) и реже азотнокислыми (NaNO_3) и смешанными. Солончаки широко распространены в районах с сухим климатом. Следующим типом засоленных грунтов являются *солонцы*, представляющие собой продукт рассоления натриевых солончаков, содержащих в своем составе соду Na_2CO_3 . Солонцами заняты в основном сухостепные и пустынно-степные территории.

Основными соединениями, накапливающимися в грунтах и почвенных горизонтах, являются R_2O_3 ; SiO_2 ; $\text{CaMg}(\text{CO}_3)$; CaCO_3 ; CaSO_4 ; Na_2SO_4 . Каждое соединение, участвующее в процессах соленакопления, начинает выпадать в твердый осадок по достижении подземной водой и почвенным раствором состояния насыщения. В последующем, насыщении очередным раствором наименее растворимым соединением, накопление солей в грунте происходит по мере возрастания по числу компонентов суммы соединений, насыщающих раствор.

В практике встречаются случаи, когда незасоленные или слабозасоленные почвогрунты в результате неправильного орошения или осушения превращаются в солончаки. Эти явления называются *вторичным засолением почвогрунтов*. Развитие вторичного засоления в основном зависит от условий орошения, агротехнических процессов, химического состава поливной воды, характера и количества вносимых удобрений, условий микрорельефа и разбивки оросительной сети. При вторичном засолении орошаемых территорий происходит увеличение концентрации соединений кремнезема и железа в почвенных растворах и накопление этих соединений в поверхностных горизонтах.

Основными физическими показателями грунтов являются: удельный вес частиц засоленного грунта, влажность, концентрация грунтового раствора, удельный вес сухого засоленного грунта, пористость, коэффициент пористости засоленных грунтов, объем твердых частиц, коэффициент водонасыщенности или индекс насыщенности засоленного грунта, объем воды, объем пор.

Уплотняемость неувлажненных засоленных грунтов качественно подчиняется общим закономерностям деформируемости обычных незасоленных грунтов. Наличие в грунтах различных по составу и количеству солей отражается на деформационных показателях грунтов (модуле общей деформации, коэффициенте сжимаемости, коэффициенте бокового давления). При увлажнении засоленных грунтов под нагрузкой происходит растворение и вынос содержащихся в них солей и в соответствии с этим увеличивается пористость грунта. Увеличение же пористости засоленных грунтов при увлажнении в свою очередь приводит к дополнительному их уплотнению. Такая деформация засоленных грунтов называется *суффозионной осадкой*.

Так же еще различают *суффозионную деформацию* засоленных грунтов, которая характеризуется относительной суффозионной осадкой. Значение суффозионной осадки для каждого вида засоленных грунтов определяется по результатам лабораторных испытаний образцов на компрессионном приборе или по результатам полевых испытаний со штампом. Суффозионная осадка грунтов зависит от их гранулометрического состава, а также от уплотняющих давлений: чем меньше этих давлений, тем интенсивнее происходит суффозионная деформация засоленных грунтов.

УДК 624.15

ВИНТОВЫЕ ФУНДАМЕНТЫ

П.А. Бусыгина, Ю.В. Тишенина
Научный руководитель О.М. Преснов
Сибирский федеральный университет

История винтовых свай насчитывает почти 200 лет. В 1850 г. в США в заливе Делавэр был смонтирован маяк новой конструкции, фундамент которого выполнили на металлических трубах с приваренными винтовыми лопастями. В России первые винтовые сваи появились на 30 лет позже, в Санкт-Петербурге, когда инженер Карлович продемонстрировал преимущество винтовой сваи перед забивной при применении в условиях вечной мерзлоты, обводненных и слабых грунтах.

Перед строителями всегда стояла задача провести весь комплекс работ по возведению фундаментов в минимальные сроки; с минимальными издержками; максимально качественно, поэтому в настоящее время винтовые сваи используются повсеместно, что обусловлено удобством установ-

ки фундаментов на их основе, а также прочностью и надежностью всей конструкции в целом.

Винтовая свая представляет собой стальную трубу с лопастью специальной конфигурации. Она состоит из оголовка, ствола и лопасти на нижнем конце. По внешнему виду и принципу работы винтовая свая напоминает очень большой саморез, который вкручивается в землю. Винтовая резьба увеличивает опорную площадь и надежно удерживает сваю в грунте, не давая ее выдернуть.

Отмечая преимущества винтовых свай перед другими типами фундаментов, особенно следует подчеркнуть следующие моменты:

- винтовые сваи экономичны, они позволяют полностью отказаться от земляных работ;

- работы по установке небольших свай производятся вручную;

- винтовые сваи позволяют возводить металлоконструкции, здания и другие объекты на склонах, в непосредственной близости от больших деревьев, на торфяных и обводненных грунтах.

- возможность проведения работ в непосредственной близости к подземным коммуникациям, а так же в условиях плотной городской застройки;

- винтовые сваи сразу после завинчивания готовы к восприятию проектной нагрузки, не требуют дополнительного времени для обеспечения несущей способности, что существенно сокращает сроки строительства;

- фундамент на винтовых сваях может быть возведен на неровном лесном участке или на аккуратном газоне без ущерба для окружающей среды;

- значительно сокращаются сроки установки фундамента – в случае с деревянными и каркасными домами – до нескольких дней. При этом полностью исключены «мокрые» процессы, что немаловажно при строительстве в северных широтах;

- инженерные коммуникации можно планировать параллельно со строительством дома;

- работы выполняются в течении несколько дней круглый год, даже в зимний период;

- стволы свай допускается не бетонировать;

- фундамент на винтовых сваях гораздо более ремонтпригоден, чем ленточный или плитный фундамент;

- уже использованные винтовые сваи для временных сооружений в будущем можно будет вывинтить и использовать повторно, срок службы обработанных антикоррозионным покрытием винтовых свай составляет 50 – 100 лет;

- у фундаментов на винтовых сваях высокая несущая способность, как на выдергивающие, так и на сжимающие нагрузки. Они способны про-

тивостоять морозному пучению. Высокая несущая способность винтовых свай объясняется тем, что в процессе завинчивания промежутки грунта между витками уплотняются благодаря их лопасти, а не разрыхляются;

- фундамент на винтовых сваях практически не дает осадки, из-за этого не нуждается в «процессе выстаивания», который необходим во время закладки бетонного фундамента;

Винтовые фундаменты в последнее десятилетие получили особое распространение, им нашлось применение в различных отраслях, в частности: в загородном строительстве (деревянные дома, пристройки, беседки); в энергетике (ЛЭП, опоры под трубопроводы); в дорожной отрасли (светофоры, указатели); также винтовые сваи применяются при укреплении склонов, оврагов, оползневых склонов.

Технология установки винтовых фундаментов имеет несколько этапов: выбор типа и разработка плана поля винтового фундамента на объекте, результатом первого этапа является чертеж плана поля винтового фундамента: Разметка и установка винтового фундамента на строительном участке. В соответствии с общим проектом застройки и плана поля фундамента на строительной площадке делается разметка мест установки винтовых свай. Монтаж строения. На фланцы винтового фундамента устанавливается обвязочная балка (ростверка), на которую монтируются стены и кровля строения, либо стойки конструкции вставляются в полость фундамента, выравниваются вертикально и фиксируются.

Несмотря на легкость установки и многие другие достоинства у винтовых свай имеется ряд недостатков. Так как материал сваи – сталь, то возникает риск поражения сваи коррозией, хотя сваи подвергаются антикоррозионной обработке; особенно проблемная зона – участок сваи на границе с грунтом, так как в присутствии большого количества кислорода коррозия протекает значительно быстрее. Также особое внимание следует уделять сварному шву в месте приварки лопасти к стволу сваи, из-за недостаточно качественного шва и антикоррозионного покрытия есть риск потери лопасти сваи в будущем, что создаст значительные проблемы. Винтовые сваи не применяются там, где в грунте есть валуны, большие камни, выходы скальных пород.

Вопросы экономичности винтовых фундаментов являются спорными, с одной стороны отсутствие земляных работ, простота установки, отсутствие «мокрых» работ делает этот вид фундаментов более экономичным по сравнению с другими, но с другой стороны в связи с популярностью данного вида фундаментов. В последние годы фирмы-производители зачастую неоправданно завышают цены, кроме того появилось множество фирм, предлагающих "фундамент на винтовых сваях" и при этом не имеющих никаких знаний или опыта в этой сфере. Как результат – стали появляться кустарные "поделки", продающиеся как винтовые сваи, безгра-

мощный расчет свайного фундамента, ошибки монтажа фундамента и т. п., за которые, в конце концов, расплачивается клиент.

Изучив все достоинства и недостатки данной технологии, можно сделать следующие выводы:

- использование фундаментов на винтовых сваях оправдано прежде всего в местностях равнинных, заболоченных, со слабыми грунтами (торфяными), где слой грунта с хорошей несущей способностью находится на очень большой глубине, в местностях с мерзлыми грунтами, а так же при строительстве в зимнее время – в этих случаях винтовой фундамент можно считать лучшей альтернативой;

- очень выгодным винтовой фундамент оказывается при возведении временных построек;

- установка свайных фундаментов является оправданной так же в случае, если здание находится в аварийном состоянии по причине износа фундамента;

- в случаях оптимальных климатических и гидрогеологических условий, позволяющих устраивать другие виды фундаментов, необходимо проанализировать целесообразность возведения винтовых фундаментов как с экономической точки зрения, так и исходя из имеющихся условий, ресурсов, запасов времени и т. д.

УДК 691.2

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕРМИКУЛИТА ТАТАРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ПОЛУЧЕНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ЕГО ОСНОВЕ

П.К. Ставер, Г.А. Полетаев

Научные руководители И.Г. Енджиевская, Н.Г. Васильевская
Сибирский федеральный университет

Рациональное использование эффективных высокотемпературостойких теплоизоляционных материалов, к которым относится вермикулит, позволяет снизить материалоемкость конструкций и сократить потери в окружающую среду. Татарское месторождение, находящееся в Северо-Енисейском районе Красноярского края, позволяет существенно расширить номенклатуру теплоизоляционных изделий. Его запасы, утвержденные по категории С₁ составляют 2665 тыс. тонн вермикулита, по категории С₂ – 1692 тыс. тонн вермикулита. Среднее содержание вермикулита в руде

составляет 48 %. Фракционный выход концентрата из руды: 0,5 – 25 %, 1,0 – 50 %, 2,0 – 25 %.

Одним из практически важных свойств вермикулита является его способность вспучиваться и превращаться в легкий эффективный теплоизоляционный материал. Поэтому изучение причин вспучивания вермикулита давно интересует ученых и производителей. От оптимизации этого процесса зависит качество получаемой продукции.

Исследователи приводят несколько значительных эндотермических эффектов, характеризующих процесс вспучивания вермикулитов. Первый эндотермический эффект в интервале 150-200 °С связан с потерей адсорбционной воды. Второй значительный эндоэффект в интервале 240-280 °С. Полагают, что в этом случае выделяется вода, связанная с обменными ионами (межпакетная). При этом приводится скачкообразная потеря в массе образцов. Третий незначительный эндотермический эффект, обусловленный выделением цеолитной воды, наблюдается в интервале 400-700 °С; ещё один – при 710-840 °С – вызывается выделением кристаллизационной воды.

На кривых ДСК концентрата Татарского месторождения наблюдается интенсивный эндотермический эффект при 80-100 °С, связанный с потерей адсорбционной воды (рис. 1). Два неглубоких эндоэффекта при 200 °С и 255 °С очевидно обусловлены выделением воды, связанной с обменными ионами.

Своеобразие вермикулита Татарского месторождения заключается в том, что эти эффекты чрезвычайно малы по сравнению с ранее исследовавшимися вермикулитами других месторождений.

На соответствующей кривой ТГ потеря массы в этих пределах составляет менее 1 %. Эндоэффект при 400-700 °С, связанный с выделением цеолитной воды, полностью отсутствует.

Следует отметить, что несмотря на это вермикулит Татарского месторождения хорошо вспучивается даже в мелких фракциях (табл. 1).

Известно, что вспучиваемость зерен вермикулита падает с уменьшением их диаметра и увеличением толщины. Исключение составляют очень тонкие пластинки (до 0,25 мм).

Исследовался химический состав концентрата вермикулита Татарского месторождения (табл. 2) в сравнении с вермикулитовыми породами.

Физико-химические исследования показали, что вермикулит Татарского месторождения относится к биотитовому ряду с достаточно высокой степенью вермикулитизации биотита.

С учетом этих особенностей были предприняты исследования по разработке составов и технологии производства теплоизоляционного материала на основе вермикулита Татарского месторождения с использованием в качестве вяжущего жидкого стекла.

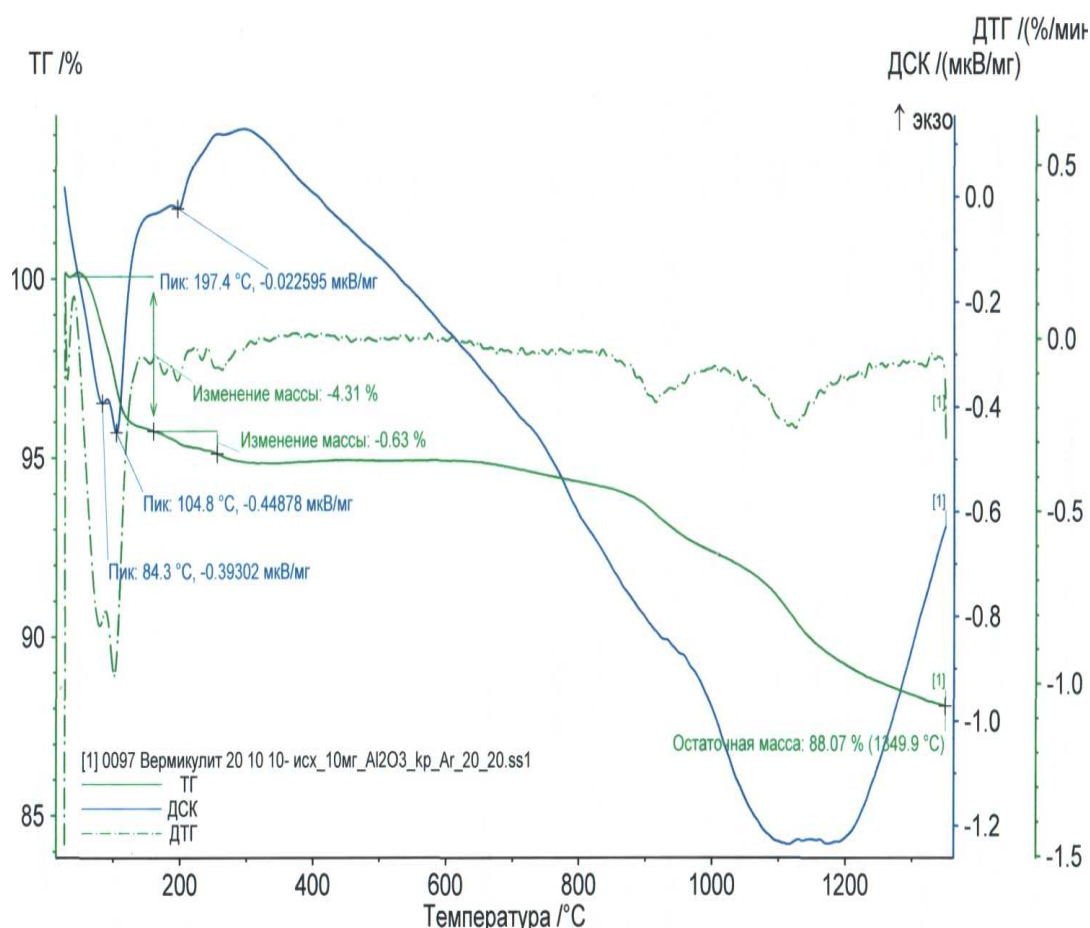


Рис.1. Кривые ДТГ вермикулита Татарского месторождения

Таблица 1. Коэффициент вспучивания вермикулита различной крупности

Наименование характеристики	КВТ-0,5	КВТ-1	КВТ-2
Коэффициент вспучивания	5-7	6-9	7-10

Как известно, стойкость камня на основе жидкого стекла может быть значительно повышена за счет правильного выбора отвердителя – кристаллизатора и использования термического отверждения.

В качестве кристаллизаторов в работе использовались кремнефтористый натрий Na_2SiF_6 , хлористый кальций и оба совместно. Исследовалось влияние различных их концентраций на процесс твердения жидкого стекла и технология введения вяжущего в вермикулит. Из исследуемых составов готовили образцы размером 7 x 7 x 7, которые твердели в естественных условиях и при температуре 400 °C. Выяснилось, что прочность выше у образцов с кристаллизатором $\text{Na}_2\text{SiF}_6 + \text{CaCl}_2$ – 110 кгс/см². Плотность – 280 кг/м³. Дальнейшим направлением исследований является получение пено-силикатной композиционной системы на основе жидкого стекла и вермикулита.

Таблица 2. Химический состав вермикулитов

Минерал	Химический состав, %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	K ₂ O	H ₂ O	Осталь- ные оксиды
Флогопит	38-45	10-17	-	-	21-29	7-10	0,3-5	
Биотит	32-44	9-31	0,13-20	2-27	0,3-28	6-11	0,9-4	
Вермикулиты	37-42	10-13	5-17	1-3	14-23	-	6-18	
Вермикулит Та- тарского место- рождения	40,29	10,92	14,47		17,94	4,08	7,3-8,3	4,35

Также проводились исследования по разработке составов и технологии производства теплоизоляционного материала на основе вермикулита Татарского месторождения с использованием в качестве вяжущего ачинского портландцемента марки 400.

Сравнив все достоинства существующих технологий, приняли решение использовать литьевую, как наиболее простую.

Так как вспученный вермикулит поглощает большое количество воды, то для снижения расхода воды и повышения пластичности в смесь был введен пластификатор.

В качестве пластификатора использовалась добавка «Центромент» в количестве 0,8 % от массы вяжущего. Добавку вводили в смесь в жидком виде вместе с водой затворения.

Были разработаны составы основных компонентов с различным соотношением цемента и вермикулита: 1/2,5; 1/5; 1/7,5; 1/9.

Особое внимание уделялось процессу перемешивания компонентов. Очень важно, чтобы гранулы вермикулита не ломались и не теряли первоначальных свойств. Для этого перемешивание следует выполнять в гравитационных смесителях.

Из исследуемых составов готовили образцы размером 7 x 7 x 7, которые твердели в естественных условиях. Образцы испытывали в возрасте 28 суток. Определялись следующие свойства – плотность и класс прочности на сжатие (табл. 3).

Анализ полученных результатов показал, что увеличение вермикулита в общей массе смеси приводит к снижению показателей плотности и класса по прочности.

В соответствии с требованиями ГОСТа, второй и третий составы относятся к теплоизоляционным, а первый состав – к конструкционно-теплоизоляционным.

Таблица 3. Физико-механические свойства вермикулитобетона

Состав		Масса, кг	Плотность кг/м ³	Разрушающая нагрузка, кгс	Рсж, МПа	Класс бетона
1. ц=200 мл вер=500мл в+д=250мл	а б в	0,295	813	1560	3,18	2,50
2. ц=200 вер=1000 в+д=550	а б в	0,199 0,207	555 568	479,8 436,6	0,98 0,89	0,76 0,69
3. ц=200 вер=1500 в+д=850	а б в	0,168 0,155	473 446	225,1 300	0,46 0,61	0,36 0,47
4. ц=200 вер=1800 в+д=1000	а б в	0,133 0,139	385 389	150 229	0,31 0,47	0,24 0,31

Таким образом, разрабатываемые материалы на основе вермикулита Татарского месторождения позволят расширить номенклатуру современного рынка теплоизоляционных материалов, а также целесообразны с точки зрения замены ряда экологических и пожароопасных материалов.

УДК 69

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПРИМЕНЕНИЕ ИХ В МАЛОЭТАЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

П.Ю. Писарева, П.В. Лямзина
Научный руководитель Е.В. Казакова
Сибирский федеральный университет

Введение новых, более жестких, нормативов по энергосбережению вызвало необходимость радикального пересмотра принципов проектирования и строительства зданий, так как применение традиционных для России строительных материалов и технических решений не обеспечивает требуемое по современным нормам термическое сопротивление наружных ограждающих конструкций зданий.

В новом строительстве все большее распространение получают многослойные конструкции стен, в которых предусмотрено применение эффективных утеплителей в качестве среднего слоя между несущей или самонесущей стеной и защитно-декоративной облицовкой.

Рациональным и эффективным способом повышения теплозащиты эксплуатируемых зданий является дополнительное утепление их ограждающих конструкций.

Существующие варианты утепления зданий отличаются как конструктивными решениями, так и используемыми в конструкциях материалами.

Физико-технические свойства используемых теплоизоляционных материалов оказывают определяющее влияние на теплотехническую эффективность и эксплуатационную надежность конструкций, трудоемкость монтажа, возможность ремонта в процессе эксплуатации и в значительной степени определяют сравнительную технико-экономическую эффективность различных вариантов утепления зданий.

В связи с этим нами были проанализированы несколько видов наиболее популярных на российском рынке современных теплоизоляционных материалов, а именно: минераловатные плиты ROCKWOOL, экструдированный пенополистирол «СТИРЭКС», мягкая древесноволокнистая плита «СОФТБОРД», Эковата и TSM-Ceramic.

В результате работы была составлена сравнительная таблица теплоизоляционных материалов, в которой приведены показатели по нескольким признакам (область применения, состав, прочность на сжатие, коэффициент теплопроводности, плотность, долговечность, экологичность, пожароопасность, температура эксплуатации, звукоизоляция, безотходность), где мы можем рассмотреть все достоинства и недостатки использования материалов.

Однако каждый случай в строительстве конкретный и имеет различные климатические, эксплуатационные и другие условия, от которых может во многом зависеть выбор теплоизоляционного материала. Но выбор зависит не только от технических характеристик, но так же и от человеческого фактора, от того, какого результата хотят достичь строители. И очень бы хотелось, чтобы люди больше внимания обращали на экологичность взаимодействия современной теплоизоляции с окружающей средой. Причем на всех этапах существования теплоизоляции: при производстве, эксплуатации и переработке. Ведь самое главное – это сохранение человеческих жизней и здоровья.

Применение теплоизоляционных материалов в малоэтажном строительстве

В настоящее время в строительстве наиболее распространены дома из кирпича, бруса и блоков. Но очень мало строится малоэтажных домов

по каркасной технологии. По нашему мнению, это неоправданно, так как по сравнению с вышеперечисленными дорогостоящими материалами, каркасная технология строительства имеет большой ряд преимуществ:

- каркасный дом строится очень быстро;
- при строительстве зданий по каркасной технологии заметно экономятся материалы;
- каркасный дом легкий, не требует массивного фундамента;
- каркасное строительство намного дешевле и экономичнее;
- слоистые стены каркасного дома защищают от ветра, влаги;
- каркасный дом отлично сохраняет тепло при меньшей толщине стен;
- потери тепла в здании, построенном по каркасной технологии, минимальны, что позволяет экономить на электроэнергии;
- каркасная технология позволяет воплотить практически любые архитектурные решения;
- за счет разнообразия отделочных материалов каркасные дома, построенные по одному архитектурному проекту, могут выглядеть по-разному;
- стены, пол и потолок каркасного дома получаются ровными и не подверженными усадке, что облегчает отделку;
- благодаря особой системе внутренних коммуникаций в здании всегда оптимальный климат;
- каркасный дом прочен и долговечен.

Все эти качества делают каркасную технологию домостроения наиболее привлекательной и оптимальной для строительства загородных домов.

Стена каркасного дома в 1,7 раза дешевле стены из пенобетонных блоков; в 1,3 – стены из бруса; в 2,2 раза – стены из кирпича. Таким образом, цены и стоимость каркасных домов за 1 кв. м. на 30-40 % ниже стоимости своих аналогов из массивной древесины, кирпича и железобетона.

Перенаселение в крупных городах и заоблачная стоимость городского жилья создают все предпосылки для загородного проживания. Сегодня большие надежды возлагаются на развитие загородного строительства, где особое место занимают каркасные дома. Если грамотно наладить индустрию производства каркасных домов, то со временем их себестоимость будет ниже себестоимости городских однокомнатных квартир в многоэтажках.

В ходе нашей работы были проанализированы различные типы ограждающих конструкций с различными типами утеплителей. Мы произвели подбор теплоизоляционных материалов (минераловатные плиты ROCKWOOL, экструдированный пенополистирол «СТИРЭКС», мягкая древес-

новолокнистая плита «СОФТБОРД», эковата и TSM-Ceramic) для каркасной, кирпичной и брусовой стен, исходя из теплотехнического расчета. А затем рассчитали стоимость различных типов комбинаций конструкций стен, используя программу «ГРАНД-Смета».

Проанализировав полученные данные, можно сказать, что каркасная технология имеет наибольшую экономическую эффективность с точки зрения экономии времени и затрат.

УДК 628.337

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ГАЛЬВАНОКОАГУЛЯЦИОННОЙ ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД

С.Н. Какун

Научный руководитель Т.И. Халтурина

Сибирский федеральный университет

С каждым годом проблемы загрязнения окружающей природной среды нефтепродуктами становятся всё более острыми. Поэтому решение данных вопросов является актуальным.

Обезвреживание смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ), находящихся в сточных водах машиностроительных предприятий, – очень важная на сегодняшний день задача. Технологии идут вперёд, глобальное развитие машиностроения никак неразделимо с обработкой и утилизацией побочных продуктов процесса изготовления.

Для обезвреживания СОЖ применяют различные способы, но они либо не рациональны, либо дороги. Поэтому перспективным методом является электрохимический способ и его разновидность – гальванокоагуляция.

Целью исследований являлась разработка эффективного способа очистки нефтесодержащих сточных вод с учётом региональных условий. В работе изучен технологический процесс гальванокоагуляционной очистки нефтесодержащих сточных вод с использованием различных гальванопар (Al-AУ, Al-Fe, Al-кокс, Fe-кокс, Fe-AУ, где АУ – активированный уголь марки БД). Установлено, что наиболее рационально использовать для гальванокоагуляции гальванопару Al-AУ. В результате исследований технологического процесса гальванокоагуляционной очистки нефтесодержащих сточных вод при планировании эксперимента получены адекватные уравнения регрессии.

$$Y_1 = 2,49 + 5,09 \cdot X_1 - 0,16 \cdot X_3 + 0,43 \cdot X_2 \cdot X_3 + 2,87 \cdot X_1^2 + 0,41 \cdot X_2^2 + 0,47 \cdot X_3^2;$$

$$Y_2 = 5,17 + 1,77 \cdot X_1 + 0,63 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0,63 \cdot X_2 \cdot X_3 + 1,22 \cdot X_2^2,$$

где X_1 – исходная концентрация нефтепродуктов в стоках, мг/дм³; X_2 – рН_{исх}; X_3 – время контакта, мин.; Y_1 – остаточная концентрация нефтепродуктов, мг/дм³; Y_2 – объём осадка, %.

По уравнениям регрессии была проведена оптимизация диссоциативно-шаговым методом. Получены диаграммы, позволяющие регулировать процесс гальванокоагуляционной очистки для проведения его в оптимальном режиме.

Экономически обоснована рациональность использования гальванокоагуляционной обработки нефтесодержащих сточных вод. Годовой экономический эффект от внедрения данной технологии составляет 527,0 тыс. руб. Социально-экономический эффект от внедрения составляет 218,8 тыс. руб.

УДК 628.1/2

ПРОБЛЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ ПОСЕЛКА СТРЕЛКА И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

И.В. Михайлова, А.Н. Уарова

Научные руководители А.Ф. Колова, Т.Я. Пазенко,

Д.Б. Тугужаков

Сибирский федеральный университет

Поселок Стрелка расположен в месте слияния рек Енисея и Ангары. Существует с 1957 г. и является поселком городского типа, численность которого составляет около 6000 человек.

Существующая схема водоснабжения поселка представляет вид линейно-тупиковой системы. Источниками водоснабжения являются 3 водозабора: «Центральный» подземного типа и два поверхностных: «Протока» и «Енисей».

В состав водозабора «Центральный» входит скважина глубиной 40 м и водонапорная башня объемом 40 м³, расположенная на высоте 20 м. Скважина оборудована насосом ЭЦВ 6-10-90. Эксплуатационный дебит скважины 2,1 м³/ч. Суточное потребление 70 м³/сут. На водозаборе «Центральный» качество воды не соответствует требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 по содержанию железа (1,74 мг/л при ПДК 0,3мг/л). Общая

жесткость воды составляет 6 мг экв/л, что соответствует норме, но не соответствует требованиям современного оборудования (стиральных и посудомоечных машин). Повышенное содержание железа и солей жесткости приводит к заболеваниям желудочно-кишечного тракта, почек и мочевыводящих путей.

На водозаборе «Протока» вода забирается затопленным оголовком ряжевого типа, состоящего из 9 секций. Центральная секция служит водозаборным колодцем, остальные секции засыпаны гравием. Над ряжевым оголовком установлено помещение насосной станции, а также имеется водонапорная башня.

На водозаборе «Енисей» вода забирается по гибкому шлангу, оборудованному рыбозащитной сеткой, и подается в одну из трех котельных поселка. Сооружений водоподготовки нет ни на одном из водозаборов. Износ водопроводных сетей и водозаборных сооружений составляет более 60 %.

Водозабор «Центральный» обеспечивает водой 1020 человек, остальная часть населения снабжается водой от водозабора «Протока».

Система канализации представлена сетью, собирающей бытовые стоки от двухэтажных многоквартирных домов, и многочисленными септиками, содержимое которых перевозится на очистные сооружения, расположенные на протоке ниже водозабора. Очистные сооружения состоят из двух секций двухкоридорных аэротенков с механической аэрацией, вторичных вертикальных отстойников и контактных резервуаров. Ил обезвреживается на иловых площадках.

Таким образом, водопроводно-канализационные сооружения и оборудование морально и технически устарели, качество питьевой воды не соответствует требованиям СанПин, а канализационные очистные сооружения не обеспечивают требуемой глубины очистки.

Целью проекта является расширение существующих сетей до полного охвата жилой застройки централизованным водоснабжением и водоотведением, строительство нового водозабора поверхностного типа с современными сооружениями водоподготовки и строительство современных канализационных очистных сооружений, обеспечивающих очистку до ПДК для рыбохозяйственных водоемов.

Проектом принят водозабор руслового типа. Осветление и обесцвечивание воды происходит на контактных осветлителях. Коагулянт используется только в период паводка. В качестве коагулянта предложено использовать полиоксихорид алюминия марки «Аква-Аурат[™] 30». Обеззараживание воды осуществляется гипохлоритом натрия.

Для очистки сточных вод предлагается строительство сооружений производительностью 1300 м³/сут, в состав которых входят решетки ступенчатые эскалаторного типа, тангенциальные песколовки, комбинированные сооружения, состоящие из биофильтра и аэротенка-

отстойника, денитрификатор и биореактор. Обеззараживание сточных вод предусмотрено УФ-облучением. Комбинированные сооружения разработаны в Ростовском НИИ АКХ. В состав сооружений входят также камера смешения и циркуляционные насосы. Из камеры смесь сточных вод с илом перекачивается циркуляционным насосом в систему орошения биофильтра, которая состоит из водораспределительных лотков со сливными патрубками и отражательными дисками. Падающие струи жидкости дробятся на дисках и орошают плоскостную загрузку биофильтра. Жидкость, прошедшая через биофильтр, собирается поддоном и по аэрационным колонам направляется в аэрационную зону аэротенка-отстойника. Из зоны аэрации иловая смесь поступает в зону отстаивания, где происходит ее разделение. Основная часть ила уплотняется и через щели зоны аэрации и отстаивания возвращается в зону аэрации, другая часть ила увлекается восходящим потоком очищенных вод и образует в зоне отстаивания слой взвешенного ила, предотвращая вынос взвешенных веществ и повышая эффект очистки стоков.

Данная работа выполнена в рамках проекта «Малая Родина».

УДК 735.29.(32)

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНОГО РЕШЕНИЯ ОБЛЕГЧЕННОГО ВАРИАНТА ЭЛЕМЕНТОВ КАРКАСА НФС

Ю.С. Сергиенко, П.В. Недодел
Научный руководитель А.В. Терешкова
Сибирский федеральный университет

Навесные фасадные системы широко применяются в современном строительстве и реконструкции зданий, также как ячеистые блоки, но ячеистый бетон совершенно не держит нагрузки, создаваемой весом НВФ и климатическими воздействиями, поэтому перед проектировщиками стоит важная проблема – снижение нагрузки на стены и фундаменты зданий.

На кафедре СКиУС ИСИ проводятся научные исследования по разработке нового конструктивного решения элементов каркаса навесной фасадной системы с целью облегчения нагрузки на ограждающие несущие конструкции здания.

Основные задачи:

1) разработка нового конструктивного решения элементов каркаса навесной фасадной системы с целью облегчения нагрузки на ограждающие несущие конструкции здания.

2) проведение экспериментальных и численных исследований разработанных конструктивных решений.

3) разработка рекомендаций по расчету, конструированию и применению разработанных конструктивных решений элементов каркаса навесных фасадных систем.

Для разработки нового конструктивного решения произведен обзор рынка фасадных систем и других технологий (технология Кнауф см. рис. 1).

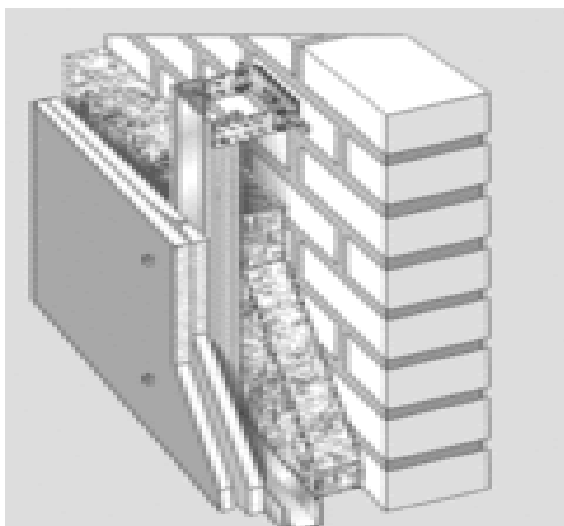


*Рис. 1. Облицовка из гипсокартонных листов (ГКЛ).
Технология Кнауф*

Одним из основных строительных элементов конструкции технологии Кнауф является гипсокартонный лист, а элементами каркаса являются профиль направляющий (ПН) и профиль стоечный (ПС). Профили изготавливаются длиной от 2,75 до 4,5 м из рулонной оцинкованной стали толщиной 0,55-0,7 мм и представляют собой длинномерные элементы с С-образным сечением.

Преимуществами L-образной системы КРАСПАН являются: высокие прочностные характеристики, обеспеченные геометрией системы, а также уникальная технологичность и скорость монтажа за счёт применения подвижных регулируемых кронштейнов (рис. 2).

На основе анализа существующих систем разработано конструктивное решение элементов каркаса навесной фасадной системы с целью облегчения нагрузки на ограждающие несущие конструкции здания (см. рис. 3,4).



Рис. 2. Фасадные системы Краспан с применением композитных панелей «Краспан-AL», «Краспан-ST». Способ крепления: заклёпка

Областью применения разработанной системы является облицовка фасадов зданий при новом строительстве и при реконструкции зданий.

Облегченные конструкции каркаса НФС – П-образные кронштейны и С-образные вертикальные профили (толщина стали 1,2 и 0,8 мм) в 4 раза менее материалоемки по сравнению с традиционными конструктивными решениями, что приводит к снижению себестоимости элементов, а также снижению нагрузок на ограждающие конструкции здания и фундаменты.

В опорной части П-образных кронштейнов не возникают крутящие моменты, что повышает их несущую способность и уменьшает усилие вырыва анкерного крепителя.

За счет гибкости системы она более устойчива к динамическим (сейсмическим) воздействиям.

Облегченные конструкции каркаса НФС расширяют возможности применения навесных фасадных систем, потому что они НВФ обладают отличной звуковой и тепловой изоляцией, не требуют подготовки внешней поверхности стен, недороги в монтаже, монтаж вентилируемых фасадов производится в любое время года, дают возможность для реализации самых смелых дизайнерских идей, навесные вентилируемые фасады очень долговечны, относительно недороги. Облегченные конструкции каркаса НФС расширяют возможности применения НВФ.

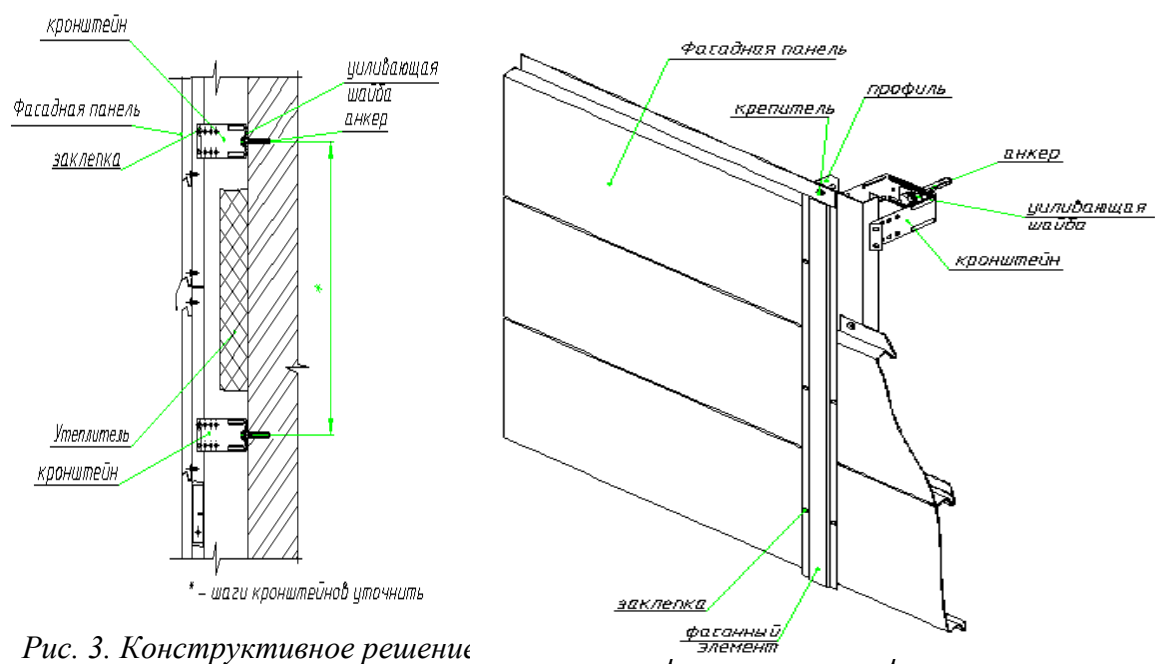


Рис. 3. Конструктивное решение

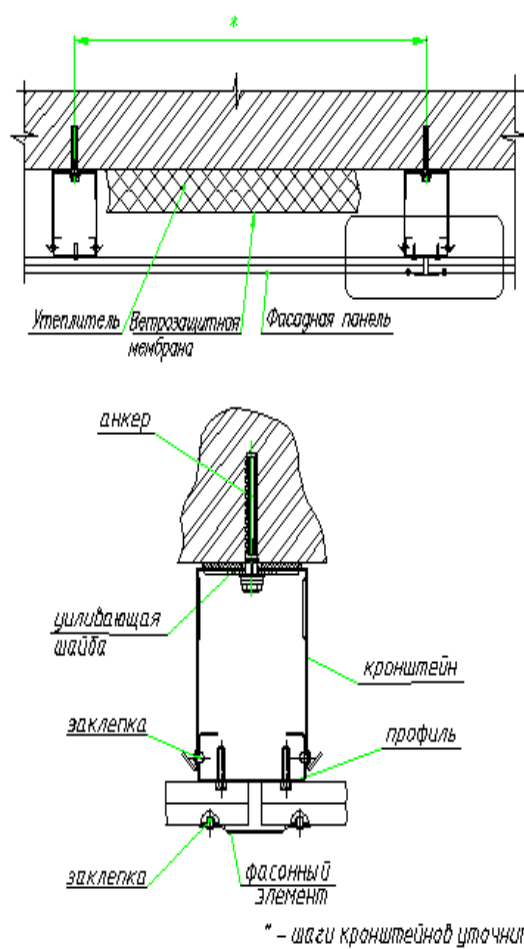


Рис. 4. Узлы крепления нового конструктивного решения НФС

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОДЕЛЕЙ ТРУБОБЕТОННЫХ КОЛОНН НА ТРЁХКРАТНЫЙ ТОРЦЕВОЙ УДАР

Р.С. Мамцев

Научный руководитель Д.Г. Копаница

Томский государственный архитектурно-строительный университет

Трубобетон нашел применение при возведении некоторых зданий в ряде стран, начиная с 60-х годов XX столетия. В практике современного строительства трубобетон используется в качестве колонн для высотных зданий. Его преимущества по сравнению со стальными конструкциями той же несущей способности позволяют экономить расход стали до 50 %, а сравнение с обычными железобетонными конструкциями показывает, что при одинаковой несущей способности сечение трубобетонных элементов до двух раз меньше железобетонных.

За последние десятилетия трубобетонные колонны преимущественно из высокопрочных бетонов находят все более широкое применение в высотных зданиях. Благодаря тому, что стальная трубчатая оболочка колонн выполняет роль как опалубки, так и арматуры, возведение колонн здания проводится с большей скоростью и с более низкими трудозатратами. Помимо технологических преимуществ, трубобетонные колонны обладают повышенной несущей способностью, воспринимая значительные нагрузки без образования трещин при значительных деформациях. В основу сейсмического расчета колонн каркаса на действие вертикальных нагрузок могут быть положены результаты исследований, полученные на моделях. Ниже приведены экспериментальные исследования моделей трубобетонных колонн на продольный удар. Рассмотрены случаи, когда на колонну последовательно действует один, два и три продольных удара.

В качестве обоймы были применены электросварные прямошовные трубы диаметром 102 мм с толщиной стенки 3 мм, и диаметром 100 мм с толщиной стенки 2 мм. Высота моделей трубобетонных конструкций составляла 1000 мм. Конструкции опытных образцов показаны на рис. 1. Труба была заполнена мелкозернистым тяжёлым бетоном с соотношением компонентов по массе 2,35:1:5,5 цемент: песок: отсев фракции 5 мм при водоцементном отношении $W/C = 0,46$.

Для определения прочности бетона на момент проведения эксперимента из каждого замеса изготавливались шесть контрольных кубов 10 x 10 x 10 см и три контрольных призмы 10 x 10 x 40 см. Кубиковая и призмная прочность бетона определялась по ГОСТ 10180-78.

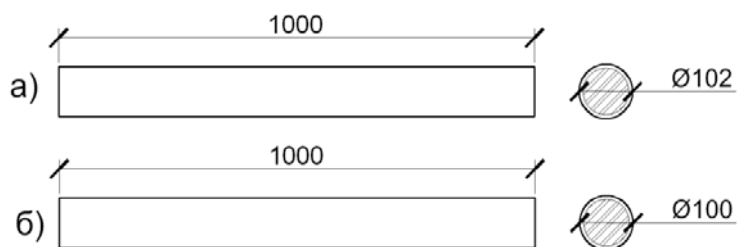


Рис. 1. Конструкции опытных образцов:
а – труба со стенкой 3 мм; б – труба со стенкой 2 мм.

Для определения прочностных и деформативных характеристик стали были изготовлены из трубы, образцы квадратного сечения 3 х 3 х 120 мм, эти образцы были испытаны на растяжение на универсальной машине INSTRON (рис. 2) со скоростью 2 мм в минуту.

Диаграмма $\sigma - \varepsilon$, построенная в процессе испытаний, показана на рис. 3.

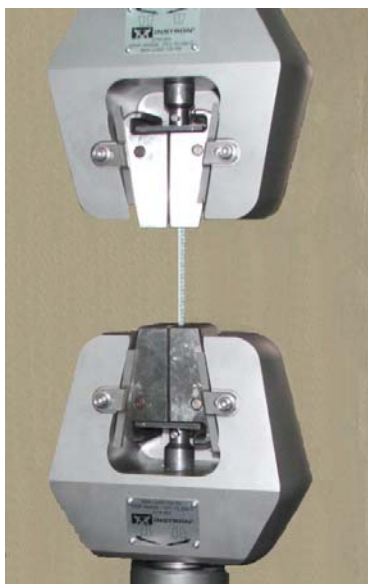


Рис. 2. Испытание металлических образцов

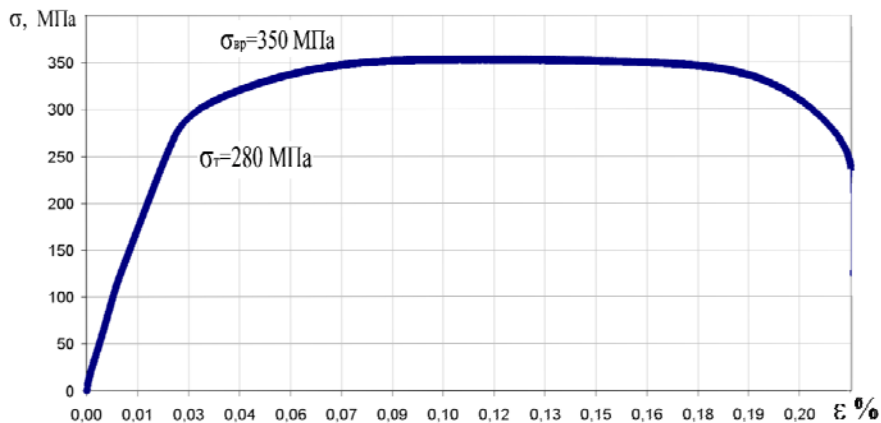


Рис. 3. Диаграмма растяжения металлических образцов

В процессе эксперимента модели колонн устанавливались вертикально на стальную пластину толщиной 40 мм. Масса падающего груза при первом, втором и третьем ударе для колонн составляла 500 кг, высота падения – 210 см. Во время ударных воздействий модели колонн сохраняли вертикальное положение с помощью растяжек, выполненных из стальных тросов. Общий вид испытательного стенда показан на рис. 4.

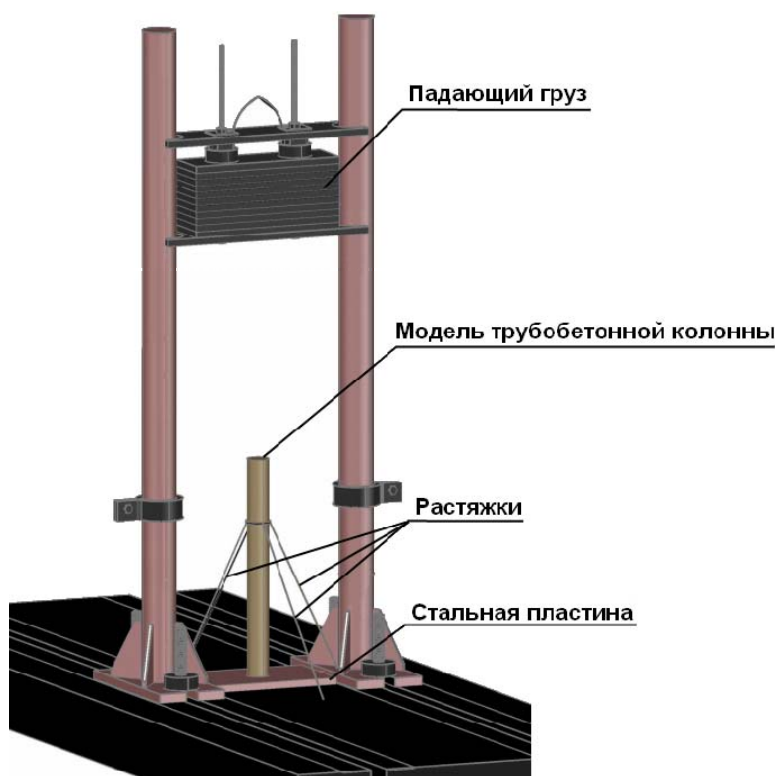


Рис. 4. Общий вид испытательного стенда

Для измерения относительных деформаций на внешней поверхности стальной оболочки были наклеены тензорезисторы типа ПКБ с базой 20 мм, номинальным сопротивлением 100 Ом и коэффициентом тензочувствительности 2,2. Регистрация динамических параметров выполнялась измерительными блоками со встроенными пьезокерамическими датчиками ускорения ADXL-202AQC1 производства USA фирмы ANALOG DIVICE, измеряющими ускорение в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

Верхние диаграммы на рис. 5 представляют собой аселерограммы, построенные по показаниям акселерометра, установленного в нижней части колонны: а – после первого удара; б – после второго удара; в – после третьего удара. Нижние диаграммы являются соответствующими спектрами мощности колебаний, полученные быстрым преобразованием Фурье. Как видно из сравнения спектрограмм, с каждым последующим ударом происходило снижение частоты собственных колебаний колонны в интервале с 62 Гц до 32 Гц.

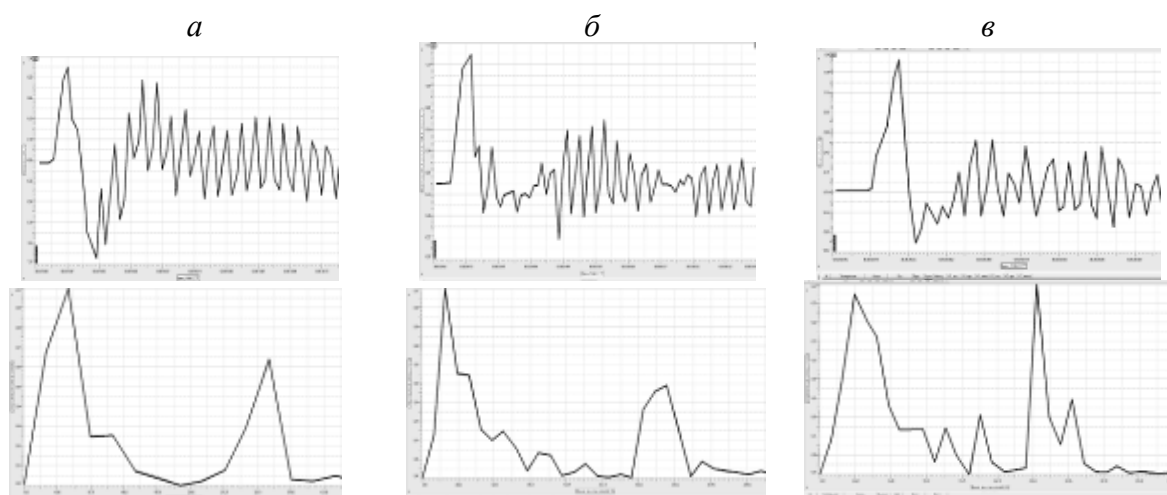


*Рис. 5. Акселерограммы и спектры мощности колебаний колонны:
а – первый удар; б – второй удар; в -третий удар*

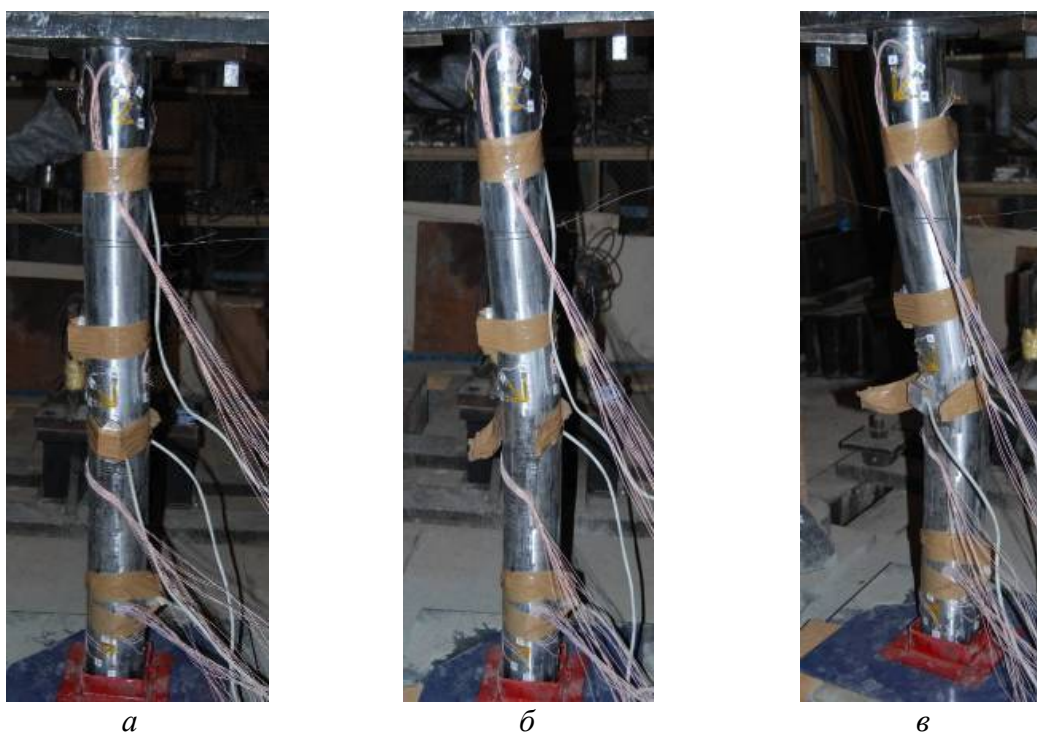


*Рис. 6. Модель трубобетонной колонны после 1-го, 2-го и 3-го удара:
а – разрушении колонны после первого удара; б – разрушении колонны
после второго удара; в – разрушении колонны после третьего удара*

После первого удара произошло искривление продольной оси колонны (рис. 6, а). Деформации происходили в упругой стадии работы. Второй удар вызвал большее искривление продольной оси по третьей форме колебаний (рис. 6, б). Третий удар привел к выходу из строя тензорезисторов и еще большему искривлению (рис. 6, в). В процессе троекратного ударного нагружения общая высота колонны уменьшилась на 3 см.

ВЛИЯНИЕ НЕРАВНОМЕРНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ОСНОВАНИЯ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ РАМНОПАНЕЛЬНОЙ БЛОК-СЕКЦИИ ПОВЫШЕННОЙ ЗАВОДСКОЙ ГОТОВНОСТИ

В.В. Коренчук

Научный руководитель И.С. Инжутов

Сибирский федеральный университет

Рамнопанельная блок-секция (далее РПБС) как сборочная единица здания предназначена в первую очередь для возведения зданий в труднодоступных районах, где в полной мере используются её достоинства: быстровозводимость, транспортабельность, многооборачиваемость, высокое заводское качество исполнения, снижение трудоемкости монтажа на строительной площадке.

Нередко труднодоступность района строительства обусловлена сложностью грунтовых условий, относящихся к ряду «неудобных» (слабые, просадочные, вечномёрзлые грунты).

С этих позиций становится весьма актуальной проблема учета влияния неравномерных деформаций основания на напряженно-деформированное состояние (НДС) верхнего строения, а именно на работу пространственных конструкций блочного типа, в частности РПБС.

При изучении влияния предельных допусков деформации основания на НДС конструкции автор руководствовался указаниями норм, согласно которым предельные деформации основания для гражданских одноэтажных зданий с полным каркасом, выполненным из древесины, не указаны (прил. 4 п. 1 СНиП 2.02.01.-83* «Основания зданий и сооружений»). Этот факт подтверждает малоизученность данного вопроса и явился основанием для проведения численных исследований в области дальнейшего изучения НДС конструкций блочного типа.

В качестве фундамента принята железобетонная фундаментная платформа – выбор обоснован совмещением эксплуатационных и несущих свойств плиты (не требуется дополнительное устройство полов и возможно их использование на площадках с «неудобными» грунтами).

В качестве верхнего строения принята рамнопанельная блок-секция марки РПБС-12-2,1 М – это цельнодеревянная складывающаяся пространственная блочная конструкция, состоящая из совмещенного ригеля в виде блок-фермы (покрытия), четырех двухветвевых подкосов, шарнирно соединенные вверху с верхним поясом блок-фермы и с основными ребрами стеновых панелей внизу (рис. 1), пролетом в осях 11,5 м.

Компьютерное моделирование производилось в программном комплексе SCAD. Расчет велся методом конечных элементов пространственной конструкции на упругом основании по схеме «основание – фундамент – верхнее строение». Моделирование верхнего разрезного пояса проводилось с помощью жестких вставок, которым был присвоен тип элемента № 4 «стержень пространственной фермы». Соединение между собой РПБС (болтовое соединение) моделировалось вводом стержней из упругих вставок (шарнирное соединение). Принят тип конечных элементов обшивки – прямоугольные КЭ оболочки (№ 41) и четырехугольные КЭ оболочки (№ 44).

Упругое основание достигается путем задания для нижней плиты коэффициента постели (коэффициента упругого основания C_1 и коэффициента сдвига C_2), значение которого было принято из расчета модели Пастернака для толщины не сжимаемой толщи 15 м. с характеристиками модуля деформации 12 МПа и коэффициента Пуассона 0,2.

При расчете совместной работы всего здания из РПБС с фундаментной плитой закрепление выполнялось в виде пространственного шарнира, а именно освобождались степени свободы по направлениям UX , UY , UZ .



Рис. 1. Рамнопанельная блок-секция

Для расчета деформации в узловых соединениях деревянной РПБС (расчет по деформируемой схеме) использовали условный модуль деформативности E_v («Статический расчет на ЭВМ сквозных конструкций на основе древесины с учетом деформаций податливости узловых соединений» И.С. Инжутов, В.Н. Шапошников и др.).

Условный модуль деформативности вычисляли по формуле

$$E_y = \frac{E}{1 + \frac{\delta \cdot E \cdot F}{(N \cdot l)}}$$

где E – исходный модуль упругости деревянных элементов верхнего строения ($E = 10\,000$ МПа); δ – расчетное предельное значение деформаций податливости, принимаемое в зависимости от предельной деформации узлового соединения (на лобовых врубках и торец в торец – 1,5 мм; на нагелях всех видов – 2,0 мм; в примыканиях поперек волокон – 3,0 мм) и степени использования несущей способности; F – площадь сечения стержня, м²; N – усилие, действующее в стержне, кН; l – длина стержня, м.

Деформация грунтового основания под подошвой фундамента моделировалась с помощью назначения на отдельные фрагменты грунта модуля деформации, равного 0,1 МПа, при постоянном значении коэффициента Пуассона. Осадка основания производилась с левого дальнего угла по диагонали глади плиты, в процентном соотношении от площади с градацией в 3 %.

Конструктивная и расчетная схемы представлены на рис. 2. Значения усилий сведены в табл. 1 и представлены на рис. 2.

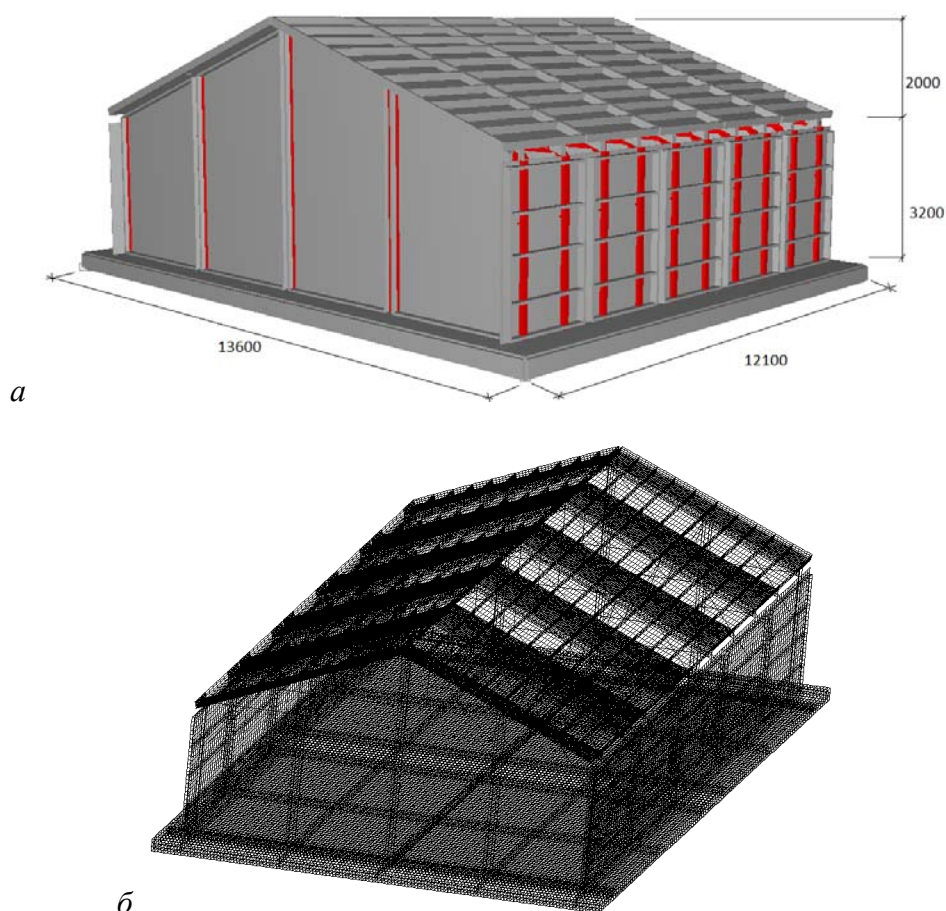


Рис. 2. Схема: а – конструктивная; б – расчетная

Анализ графиков позволяет отметить, что при осадке основания площадью 3 % ...24 % от площади фундаментной плиты, изменения внутренних усилий в элементах верхнего строения изменяются незначительно по отношению к осадке фундамента. Так, в элементах РПБС, ближайшей к месту осадки грунтового основания, отмечены наибольшие внутренние усилия по отношению к остальным, а именно: в верхнем поясе в 1,09 раза; в нижнем поясе в 1,055 раза; в раскосах в 1,05 раза; в подкосах в 1,047 раза; в стойках в 1,014 раза выше относительно случая с недеформированным основанием.

Таблица 1. Значения усилий МХ и NХ в зависимости от площади осадки

Площадь осадки, м ²	Значение МХ, Т·м	Значение NХ, Т
4 (3 %)	0,4	294,2
8 (6 %)	0,43	302,4
12 (9 %)	0,46	306,15
16 (12 %)	0,475	307,89
20 (15 %)	0,483	309,18
24 (18 %)	0,49	310,43
28 (21 %)	0,509	312,14
32 (24 %)	0,521	315,6

Проанализировав полученные результаты численных исследований влияния неравномерных деформаций основания на НДС рамнопанельной блок-секции как сборочной единицы здания замкнутого типа, можно заключить, что:

1) изменение внутренних усилий в элементах РПБС, расположенной максимально близко к месту осадки основания, увеличивается в пределах 3...9 % относительно случая с недеформированным основанием. Рост усилий имеет прямую зависимость от увеличении площади осадки по глади фундаментной плиты;

2) осязаемое включение в совместную работу верхнего строения с фундаментом происходит после осадки основания порядка 12...15 %, усилия в большей степени воспринимает фундамент. Это свидетельствует о нецелесообразности применения, под легкие каркасные системы блочного типа на основе древесины фундаментов большей жесткости по отношению к верхнему строению.

Предлагается дальнейшее изучение вышеизложенной научно-исследовательской проблемы с применением в качестве фундаментов деревянной фундаментной плиты, с жесткостью, сопоставимой с жесткостью верхнего строения, и запроектированной с учетом грунтовых условий принимаемой строительной площадки.

График 1



График 2



Рис. 3. График 1 и 2

УДК 625.76

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЕМ ВЫГЛАЖИВАЮЩЕЙ ПЛИТЫ АСФАЛЬТОУКЛАДЧИКА С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Р.А. Гольцман

Научный руководитель В. И. Иванчура

Научный консультант А.П. Прокопьев

Сибирский федеральный университет

Требования к качеству и долговечности дорожных артерий страны постоянно растут. Регулирование ровности асфальтобетонного покрытия является значительной научно-технической проблемой, имеющей важное

экономическое значение, направленное на повышение качества дорог и снижение себестоимости строительства. Из анализа современного состояния дорожного строительства следует, что актуальной задачей для повышения качества дорожных покрытий и конкурентоспособности асфальтоукладочных машин является совершенствование системы автоматического регулирования ровности асфальтобетонной смеси.

Инженерная и научная проблемы заключаются в том, что в настоящее время в виду сложности среды отклика отсутствуют интеллектуальные системы автоматического управления (САУ), предназначение которых – автоматическое регулирование рабочего процесса асфальтоукладчика. Совместное использование интеллектуальных компонентов и традиционных технологий повышает эффективность работы системы, приводя к оптимальным результатам управления.

В настоящее время при устройстве ответственных (федеральных дорог, взлетно-посадочных полос аэропортов) асфальтобетонных покрытий применяются современные импортные асфальтоукладчики, оборудованные навесной бесконтактной ультразвуковой системой нивелирования, которая позволяет значительно улучшить ровность поверхности укладываемого асфальтобетона.

В научной работе рассматривается возможность использования интеллектуальной адаптивной САУ с применением нечеткого регулятора в качестве системы автоматического управления положением выравнивающей плиты асфальтоукладчика.

Все системы с нечеткой логикой функционируют по одному принципу: сначала все показания измерительных приборов фазифицируются (переводятся в нечеткий формат), обрабатываются в нечетком регуляторе, дефазифицируются, и в виде аналоговых сигналов подаются на исполнительные устройства САУ.

Система управления ровностью с нечеткой логикой работает по следующему принципу: при перемещении асфальтоукладчика по основанию, готовому для укладки на него асфальтобетонного покрытия, его ходовое оборудование совершает случайные перемещения в вертикальном направлении, под воздействием неровностей микрорельефа. Неуправляемые перемещения передаются через раму и подвеску выравнивающей плиты на рабочее оборудование, вызывая, в свою очередь, неуправляемые перемещения выравнивающей плиты, которые влекут за собой случайное изменение толщины слоя и угла поперечного уклона укладываемого дорожного полотна, тем самым ухудшая показатель эффективности (см. рис.)

Для соблюдения принятого показателя эффективности высотные координаты точки крепления рабочей плиты $h_{\text{л}}$ и $h_{\text{п}}$ измеряются с помощью датчиков $D_{\text{л}}$ и $D_{\text{п}}$, соответственно. Измеренные значения $h_{\text{л}}$ и $h_{\text{п}}$ фазифицируются и обрабатываются согласно заданным высотным координатам $h_{\text{зл}}$

и $h_{3п}$. Ошибки измерений $h_{л}$ и $h_{п}$ дефаззифицируются и подаются на управляющие устройства $УУ_{л}$ и $УУ_{п}$, которые вырабатывают управляющие воздействия $U_{л}$ и $U_{п}$ на электрогидравлический привод $ЭГП_{л}$ и $ЭГП_{п}$ соответственно. ЭГП воздействуют на рабочую плиту, стремясь уменьшить ее колебания, и, таким образом, выполнить требования по точности укладки дорожного полотна.

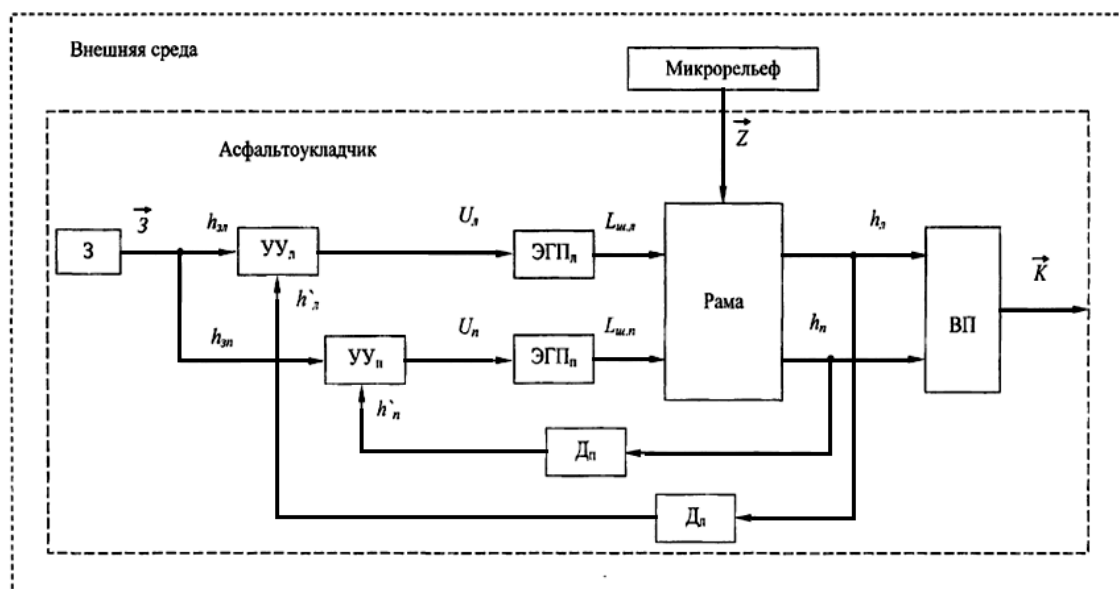


Рис. 1. Функциональная схема системы автоматического управления
(Милушенко С.А.)

Использование двух датчиков высотного положения контрольных точек рабочей плиты позволяет сократить количество запасных частей и расходы на ремонт системы управления. Кроме того, современная элементная база располагает достаточно точными лазерными нивелирами, при этом может быть выбрано практически любое место расположения датчиков на машине.

Общая структура УУ, использующего нечеткую логику:

- блок фаззификации;
- база знаний;
- блок решений;
- блок дефаззификации.

Применение «интеллектуальной» автоматической системы управления имеет следующие достоинства:

- возможность оперировать входными данными, непрерывно изменяющимися во времени;
- возможность нечеткой формализации критериев оценки и сравнения: оперирование критериями «большинство», «возможно», «преимущественно» и т. д.;

- О возможность проведения качественных оценок, как входных данных, так и выходных результатов: вы оперируете не только значениями данных, но и их степенью достоверности;
- О возможность проведения моделирования сложных динамических систем и их сравнительный анализ с заданной степенью точности: оперируя принципами поведения системы, описанными нечеткими – методами, во-первых, не тратится много времени на выяснение точных значений переменных и составление описывающих уравнений, во-вторых, можно оценить разные варианты выходных значений.

УДК 625.76

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ УПЛОТНЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

А.Д. Петров

Научный руководитель В.И. Иванчура

Научный консультант А.П. Прокопьев

Сибирский федеральный университет

Требования к качеству и долговечности дорожных покрытий страны постоянно растут. Обеспечение качества и долговечности автомобильных дорог с учетом увеличения транспортной нагрузки невозможно без повышения технического уровня и качества дорожно-строительных работ, базирующихся на передовых научных разработках, автоматизации производственных процессов, рациональном использовании ресурсов.

Строительство дорожных покрытий нежесткого типа по современным нормам и правилам, учитывающим максимальные нагрузки грузопотоков на покрытия, представляет собой сложный технологический процесс, реализуемый с применением высокопроизводительных дорожно-строительных машин и оборудования.

Окончательное уплотнение асфальтобетонных покрытий выполняют вибрационные дорожные катки, рабочий процесс которых из-за непрерывного изменения напряженного состояния в слое покрытия при деформировании, сложности процесса управления режимами уплотнения требует автоматической настройки, что исключает «недоуплотнение» и «переуплотнение» материала.

Имеются проблемы правильного выбора катка, настройки режимов его работы, от которых зависит производительность процесса уплотнения, а также окончательные показатели качества и долговечность дорожного покрытия.

Конструкции уплотняющих дорожных машин, выпускаемые предприятиями, имеют высокий технический уровень. Обоснование совершенствования конструкций асфальтовых катков представляет значительную проблему. Актуальной задачей совершенствования процесса уплотнения асфальтобетонных покрытий является разработка системы автоматического управления на основе современных достижений науки и техники.

Значительной проблемой является проведение экспериментальных исследований дорожно-строительных машин в реальных условиях эксплуатации из-за большой трудоемкости, стоимости и организации работ в соответствии с планом испытаний различных типов покрытий, что создает предпосылки использования методов имитационного моделирования и современных программных комплексов.

Работы по созданию электронных систем уплотнения для дорожных катков ведутся уже многие годы. Возможности повышения уровня автоматизации вибрационных катков появились после того, как на катках начали применять вибровозбудители, у которых для обеспечения рационального режима работы могут изменяться параметры амплитуды и частоты колебаний. Основные зарубежные производители дорожно-строительных машин стали устанавливать на свои виброкатки «интеллектуальную» систему автоматического управления. Имеются опытные данные о результатах работы «интеллектуальных» уплотняющих машин, где наблюдается в среднем 65 % брака. Основная проблема – недостаточный учет факторов и сложности регулирования в процессе уплотнения вибрационным дорожным катком.

Выбор нечеткого управления дорожным катком связан с особенностями уплотняемой среды. Асфальтобетонная смесь является упруго-вязко-пластической средой с изменяющимися параметрами во времени при уплотняющем воздействии на нее, т. е. характеризуется как стохастическая динамическая система. Точное математическое описание уплотняемой среды представляет собой задачу повышенной сложности. При разработке нечеткого регулятора учтены следующие параметры: температура смеси, плотность смеси, скорость движения катка, статическая нагрузка на валец, частота и амплитуда вибраций вальца, масса вальца и катка в целом.

При разных скоростях катка возможны разные частотные диапазоны работы, где может быть достигнут оптимум по уплотнению. Оператор катка не всегда может выбрать оптимальное решение, не исключены и ошибки, поэтому представленная на рисунке ниже структура управления предназначена повысить качество управления, предупредив неправильные ко-

манды оператора и согласуясь с заложенной целевой функцией управления и правилами. Блок нечеткого вывода берет на себя функции контроллера действий оператора и выбора необходимого решения по управлению.



Рис. 1. Функциональная схема системы автоматического управления

Основная функция, возлагаемая на нечеткий контроллер – формирование корректирующих поправок к коэффициентам ПИД-регулятора в зависимости от текущих координат системы. В этом случае ПИД-регулятор с корректирующим блоком нечеткой логики представляет собой нелинейную систему.

Процедура обработки входной (четкой) информации в контроллере сжато может быть описана следующим образом:

- О текущие значения входных переменных преобразуются в лингвистические (фазифицируются);
- О на основании полученных лингвистических значений и с использованием базы правил контроллера производится нечеткий логический вывод, в результате которого вычисляются лингвистические значения выходных переменных;
- О заключительным этапом обработки является вычисление "четких" значений управляющих параметров (дефазификация).

Таким образом, реализуется возможность построения систем с нечеткой динамической коррекцией параметров ПИД-регуляторов. Использование методов нечеткого управления позволит получить качественный переходный процесс без использования громоздких вычислительных процедур по классическому методу управления с использованием градиентного алгоритма или других методов оптимизации.

Автоматизация дорожных катков и других дорожно-строительных машин позволяет существенно повысить уровень качества дорожных покрытий и упростить работу тех, кто на них работает.

В результате оценки характеристик дорожного покрытия автоматизированной системой контроля и своевременного принятия решения, основываясь на полученных данных, можно предотвратить множество браков, а следовательно, и сократить расходы на дорожное строительство. Внедрение АСУ в область дорожного строительства способствует существенному повышению качества, экономико-сберегающих показателей и увеличению производительности работ.

ПРОБЛЕМЫ ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА АРХИТЕКТУРЫ И ДИЗАЙНА

УДК 72.01

ЦВЕТ В СОВРЕМЕННОЙ АРХИТЕКТУРЕ

Н.А. Корнева

Научный руководитель Н.С. Баталова

Сибирский федеральный университет

Цвет – неотъемлемое свойство и чрезвычайно сильное средство архитектурной композиции.

Цель данной работы – выявление композиционных приемов использования цвета в современной композиции.

Исторически сформировались следующие основные направления использования цвета:

- естественный цвет материала;
- выделение цветом конструктивных и функциональных элементов (фахверк на фасаде, белые детали на фоне цветной стены в архитектуре классицизма);
- размещение на фасаде мозаики, фресок, орнамента.

В современной архитектуре сохранились традиционные направления цветового решения.

Естественный цвет материала (дерево, камень, кирпич, стекло) зависит от текстуры и фактуры, а также от способа обработки поверхности. В последние годы широко используется тонирование стекла и дерева.

Прием выделения цветом функциональных или конструктивных элементов касается не только традиционных конструктивных частей здания (крыши, балконы, лестничные клетки, переплеты окон), но используется также для выявления в композиции коммуникационных связей и инженерных сетей (центр Жоржа Помпиду).

Третье направление в современной архитектуре преобразовалось в нанесение на фасады крупных сюжетных или абстрактных рисунков, выполненных в различных техниках. В этих случаях цвет нельзя считать основным композиционным средством, хотя с его помощью можно полностью изменить первоначальный облик объема, например, создать оптическую иллюзию глубины. Такое направление называют суперграфикой.

Как в архитектуре прошлого, так и в современной архитектуре цвет организует пространство, участвует в создании градостроительной композиции. С помощью цвета можно создавать градостроительные ориентиры и цветовое зонирование, формировать цветовой образ среды. Цветовой акцент на вертикальной части здания создает ориентир в пространстве. Различный цвет тождественных по форме объектов позволяет разнообразить среду, облегчает нахождение нужного объекта.

Рассмотрим некоторые композиционные приемы применения цвета в объемно-пространственной композиции здания.

Структурирование поверхности заключается в нанесении продольных, диагональных или свободных членений. Такой прием чаще всего применяется, если композиция включает нерасчлененную фронтальную поверхность большой площади.

Разрушение поверхности и трансформация объема цветом нивелирует монотонность поверхности, придает выразительность объему. Эффект достигается применением контрастных цветов.

Выделение цветом центра и создание цветовых акцентов привлекает внимание, придает остроту композиции

Чрезвычайно сильное воздействие на восприятие оказывает цветовой контраст.

Цветовые контрасты отличаются большим разнообразием. При этом эффект воздействия зависит от цветового тона, его насыщенности, пропорциональных отношений поверхностей различных цветов.

Чрезмерное насыщение композиции контрастными элементами, особенно в сочетании со сложными объемными формами, может затруднить восприятие, сделать композицию хаотичной.

Нюансное цветовое решение смягчает и обогащает форму, делает ее менее грубой.

Монохромная архитектура создает цветовой колорит среды, выделяет объект в градостроительной композиции.

Белый цвет объема подчеркивает выразительность и пластику формы за счет хорошо читаемой светотени. Белая архитектура – излюбленная тема архитекторов Эйзенмана и Мейера.

Ночная подсветка зданий с использованием цветных фильтров придает новые характеристики объекту и может полностью изменить восприятие композиции.

Помимо композиционных свойств цвет обладает сильным психологическим воздействием, что необходимо учитывать при проектировании.

В последние годы в архитектуре Красноярска появилось много негативных примеров цветового решения зданий, например, жилые дома в районе ул. Курчатова и пр. Свободный. С другой стороны, все больше появляется интересных и выразительных по цветовому решению объектов.

Цвет в современной архитектуре приобретает все более важное значение как средство композиции. Это связано с появлением новых отделочных материалов и совершенствованием строительной технологии. По мере развития архитектурного и композиционного мастерства открываются все новые, порой неожиданные возможности использования цвета в композиции.

УДК 728.7

ОБ АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ МЕСТ ОТДЫХА НА р. МАНА КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

В.Д. Городилова

Научный руководитель Н.И. Греков
Сибирский федеральный университет

Мана – река в Красноярском крае России, один из крупнейших притоков Енисея в его верхнем течении. Мана – сибирская «красавица», своего рода «мекка» любителей водного туризма и излюбленное место отдыха красноярцев. Река течет, в основном, в северо-западном направлении через необъятные таежные просторы административных районов Красноярского края: Партизанского, Манского, Березовского, впадает в Енисей в 30 км выше по течению от Красноярска. Мана берет начало из живописного горного озера Манского, или Сорог (Сорок) в северо-западной части горного массива Восточного Саяна – стык Манского, Кутурчинского и Канского Белогорья. Длина Маны 475 км, площадь водосборного бассейна 9320 км², скорость течения 7-8 км/час – в верховьях, до 4 км/час – в низовьях реки. Мана принимает более 300 крупных и мелких притоков. Крупнейшие притоки – Мина, Колба, Крол.

Горный характер Мана сохраняет от истоков до устья, вдоль реки встречаются Семенов утес, Беспальский утес, Коротенький утес, утес Крестешниковский, Изыкские утесы, Серебряный утес, скала Копейка, скалы Иртышанские, Серебрянские скалы, Богатские скалы, скала Писюнец, Урманские Стены. Притоки глубоко врезаются, имеют крутонаклонные узкие долины, порожистые русла, обилие водопадов. В русле Маны много островов, крутых поворотов с прижимами, подводных камней, перекатов, мелей, шивер. В верховьях – два порога: Соболиный («Труба») – второй-третий по категории трудности в зависимости от уровня воды, и Большой Манский порог – четвертой-пятой категории трудности. Манский порог находится у подножия Кутурчинского белка (1765 м), по склонам которого к

вершине простираются так называемыми Манские Столбы, с гротами и сквозными арками, высотой до 20 метров.

Вдоль реки Маны, от устья реки Крол до разъезда Лукашевич, проложен участок (около 50 км) знаменитой железнодорожной «трассы мужества» Абакан-Тайшет, который стал неотъемлемой частью Манского ландшафта. Трасса трижды переходит с берега на берег Маны, раскинув высоко над рекой железобетонные арки мостов: выше устья реки Крол, в районе разъездов Хабайдак и Кой. Ниже по течению – две шиверы: Урманская, в среднем участке реки, ниже пос. Урман, и на Перекопе, в нижнем участке реки. Перекоп – это скалистый перешеек на одном из крупных меандров Маны, всего триста метров, а плыть по петле реки около пяти километров. В низовьях Маны, по правобережью, на северо-западных отрогах Восточного Саяна (Куйсумский хребет), ниже поселка Береть, от кордона Берлы до кордона Кандалак, проходит граница всемирно известного государственного природного заповедника «Столбы».

Исторически массовые сплавы по реке Мана зародились с начала лесопромышленного освоения бассейна реки. Именно в это время стал возможным заезд до поселка Береть. Молевой сплав леса по Мане вёлся до 1986 г. В 1930-х и 1940-х гг., а затем в 2000-2003 гг. в верховьях (Юльевский прииск) велась промышленная добыча золота, благодаря этому стал возможен заезд и в верховье реки.

Туристические сплавы по реке почти всегда имели характер «дикого» туризма. Вырубаемый в бассейне реки лес в весенне-летний сезон отправляли вниз по течению свободным сплавом, благодаря чему у всех туристов была возможность выловить несколько бревен, связать из них плот и начать свое путешествие вниз по течению. В наше время спектр плавсредств разнообразней: резиновые лодки, большие и малые ПСНы, сплавные катамараны, плоты на камерах, байдарки и даже трапы самолетов. Но все же существовал туристический маршрут вплоть до 90-х годов «от реки Мана до озера Байкал», предлагаемый красноярской гостиницей «Турист» всероссийского масштаба. На реке Мана были закреплены на берегах стоянки в определенных местах, где были подготовлены места под палатки, оборудованные кострища, обеденные столы и навесы.

В том виде, в котором существует сейчас водный туризм на реке Мана, он наносит урон природе: стихийно образованные многочисленные стоянки-площадки под палатки нарушают естественный рисунок берега; незатушенные кострища повышают опасность возникновения пожара; очень много оставленного после себя мусора. Некоторые туристические компании Красноярска устраивают туры по реке Мане, но также не придают должного значения организации мест отдыха на берегах реки.

Предлагаемый к обсуждению проект устройства организованного отдыха на реке Мана включает в себя решение следующих задач:

1) закрепление определенных мест по маршрутам под кемпинги; планирование и благоустройство данных мест для размещения стационарных туристских домиков, мест под палатки, домиков спасателей;

2) «развлекательно-познавательная» функция – устройство смотровых площадок, организация живописных троп и т. д.

Важнейшая задача – гармонично вписать новые сооружения в природную среду реки.

Сейчас существует 3 основных водных маршрута:

1 – от п. Береть до п. Манский (или п. Усть-Мана);

2 – от д. Нарва до п. Береть;

3 – спортивный, от Юльевского прииска (около 30 км от истоков) и до д. Нарва.

На стартовых полянах проводятся фестивали, детские летние туристические лагеря и соревнования. Первый маршрут рассчитан на 3 и на 2,5 дня (2 ночи), второй на 4 дня (3 ночи), третий – на 6 дней (5 ночей). Предлагаемые проектом фиксированные места для кемпинга определены исходя из исторически сложившихся палаточных стоянок, из рельефа и времени пути.

На первом маршруте запланировано 4 места под кемпинг, так как сам маршрут подразделяется на два исходя из времени. Стартовая Карнавальная поляна для обоих путей находится чуть ниже по течению от поселка Береть. Первое место для кемпинга 2,5 дневного пути запланировано на первом повороте реки с левой стороны напротив начала заповедника «Столбы». Следующее место под кемпинг – поляна «Идолы», также по левой стороне, после заповедника «Столбы».

Первое кемпинговое место трехдневного пути – напротив Изыкских утесов, на левом берегу, второе – между притоком Кубак и кордоном Воротникова с правой стороны. Финишная поляна для двух путей находится перед поселком Манский.

На втором маршруте запланировано 3 места под кемпинг. Стартовая поляна находится чуть выше по течению от деревни Нарва, первое место под кемпинг находится на правой стороне у подножья Семенова утеса, второе – у притока Ангалой по правому берегу, третье – на урманской петле по левой стороне. Финишная поляна – «Карнавальная».

На третьем спортивном маршруте запланировано 5 мест под кемпинг. Этот маршрут берет начало или с Юльевского прииска, или с села Выезжий лог. Первое кемпинговое место – между притоками Соболиный и Второй Соболиный с правой стороны, второе место сразу после большого манского порога на правом берегу. Следующее кемпинговое место – третье, немного ниже по течению села Выезжий лог с левой стороны, четвертое место – на повороте после станции Лукашевич с левой стороны. И,

наконец, последнее место – поворот перед деревней Голубёвка на правом берегу.

Принцип организации непосредственно самого места кемпинга на берегу реки – это **соты, ячеистость, модуль**; благодаря этому композиция в целом остается компактной, не занимает большого количества места. Количество сооружений и конфигурация в плане может меняться относительно территории. Набор сооружений и домиков меняется не только относительно территории, но и функции. Так, на кемпинговых местах, где проводятся соревнования или размещаются спортивные детские лагеря, увеличивается количество гостиничных домиков и добавляются домики для инвентаря.

Сооружения, присутствующие на каждом месте для кемпинга, – это причал для плавсредств, гостиничные домики, навес для временной выгрузки вещей и накрывающий стол со скамейками, поляна-площадь для общих мероприятий, подготовленные места под палатки, стационарное кострище, домики МЧС (связь, спасатель, медицинская помощь) и домик для зрителя, отдельные санузлы (умывальные, туалеты, контейнеры под мусор). Также на каждом кемпинговом месте предусмотрены смотровые площадки на утесах или скалах. На срединных кемпинговых местах также предусматривается походная баня. Возможны появления сувенирных лавок на местах кемпинга близ поселений.

Для данного комплекса сооружений наиболее подходящей является весьма экономичная строительная технология «Экопан». Основой технологии «Экопан» послужила канадская технология каркасно-панельного строительства зданий и сооружений из конструкционных теплоизолирующих панелей (КТП) для основных элементов здания: стен, перекрытий, крыши.

Преимущества технологии:

- уменьшение расхода материалов на строительство;
- монтаж дома, изготовленного в заводских условиях, производится на месте без применения тяжелой техники и в любое время года;
- панели легко переносятся и устанавливаются 2-3 рабочими;
- специфика структуры панелей и конструкции дома позволяет получить стыки «стена-пол» и «стена-потолок» без щелей и дефектов;
- технология характеризуется высокими энергосберегающими свойствами;
- внутренняя и наружная отделка выполняется с использованием любых современных материалов;
- малый вес строений, их устойчивость и низкая чувствительность к сезонным движениям фундамента позволяют использовать малозаглубленные фундаменты.

К ВОПРОСУ РЕКОНСТРУКЦИИ ЖИЛЫХ РАЙОНОВ В ГЕРМАНИИ

И.Г. Позднякова

Научный руководитель И.В. Кукина

Сибирский федеральный университет

Реновация жилых районов периода строительства середины XX века является одной из главных стратегических целей современного градостроительного планирования Восточной Германии. Рассмотрение немецкого опыта модернизации сложившихся жилых районов периода ГДР является актуальным для современного российского градостроительства, поскольку они имеют родственную советской модели «микрорайон» историю планирования. Обобщение опыта реновации и выявление инструментов модернизации жилых территорий поможет сформулировать основные принципы трансформации концепции «микрорайон» и выявить пути устойчивого развития жилых территорий. Рассмотрим механизм реконструкции жилых территорий на примере районов Горбитц и Пролис в Дрездене периода строительства 1960-1980 гг.

Основной причиной модернизации жилых районов Горбитц и Пролис является угроза пространственной и социальной деградации территории, а также потеря престижа в общегородском контексте. Начиная с периода перестройки, районы покинуло около 43 % населения, в большинстве своем это люди с устойчивым экономическим статусом, высшим образованием и молодежь. Причиной миграции послужили альтернативные предложения на рынке жилья в более престижных районах города. Миграция повлекла за собой проблему пустующих квартир, функционально-пространственную деградацию территории, рост социальной сегрегации: концентрацию населения с низким заработком, безработных, людей, получающих социальную поддержку, и пенсионеров.

Целями социально-градостроительного развития является стабилизация демографической структуры районов, повышение экономической привлекательности, совершенствование качества жилой среды.

На общегородском уровне всем районам Дрездена присваивает соответствующий «статус» стратегии развития. Районы Пролис и Горбитц имеют статус «Социальный город», с разработкой индивидуальной программы комплексной реновации «INTEGRIERTES HANDLUNG-SKONZEPT» (концепция стратегии развития).

Механизмом реновации районов являются взаимодействие инструментов социально-экономического и пространственно-функционального аспектов развития.

Социально-экономический аспект реновации включает в себя создание общественно-частного партнерства в развитии территории и организацию районного управления. Общественно – частное партнерство (РРТ) представляет собой непрерывное взаимодействие заинтересованных групп в развитии района (крупных коммерческих компаний – владельцев жилого фонда, администрации города, развивающих компаний и жильцов). Процесс работы общественно-частного партнерства формируется на принципах непрерывного и интерактивного планирования (определении полномочий управления, мониторинге развития, интеграции жильцов в процесс планирования – принципах неформального планирования). Функциями районного управления является координация взаимодействия общественно-частного партнерства, формирование социальных центров дополнительного образования, центров социальной поддержки, центров по уходу за пенсионерами, непрерывная поддержка участия жителей в развитии района и стимуляция занятости населения: создание благоприятных условий для развития малого и среднего бизнеса на территории района.

Пространственно-функциональный аспект включает в себя перечень мероприятий по обновлению градостроительной структуры. Рассматриваемые районы являются объектами типового панельного домостроения (6-ти этажная секция – WBS 70 и 10 этажей – серия IW 67). Одним из ключевых моментов комплексной реконструкции районов является модернизации (санация) жилых и общественных зданий, которую подразделяют на 3 типа: инженерно-архитектурная реконструкция здания (смена фасада, замена конструктивных элементов, монтаж внешних лифтов, общий инженерно-технический ремонт); реорганизация планировочной структуры здания (частичный снос, снижение этажности, перепланировка квартир); полный снос здания с развитием открытых пространств на высвобожденных территориях. Проводимая модернизация жилых зданий способствует расширению типологии квартир, тем самым создавая гибкую систему предложений на рынке жилья, при которой формируется полисоциальный организм жилого района.

Жилые районы подвергаются реорганизации функциональной структуры, по средству: «периферийной» децентрализации функций первой необходимости и усилению роли общественного центра (концепция центральной оси – формирование устойчивого развития предприятий малого и среднего бизнеса). Создание непрерывной системы рекреационных пространств (центральные, полуцентральные общественные, полуприватные, приватные и частные открытые пространства). Формирование открытых зеленых пространств осуществляется по принципу «градационной системы» озеленения. Приоритетом являются восстановление окружающей среды (восстановление природного экологического каркаса (условия естественного развития флоры и фауны).

Формирование пространственной (пространственное проектирование под различное движение в пространстве, доступ) и социальной «доступности» (формирование широкого спектра объектов социальной инфраструктуры).

«Стыковочным» моментом социально-экономического и пространственно-функционального аспектов является дифференциация территории района на кластеры – сообщества (с нем «Wohnungsbaugenossenschaft»). Пространство района дифференцируется на локальные кварталы с индивидуальной системой идентификации пространства (дифференциация кварталов по цвету фасадов, присвоение «имени» каждому кварталу, с экономической точки зрения. Предоставление единых услуг, льгот населению). Объединение в «сообщества» мотивирует жильцов придерживаться неформального «соседствования» на единой территории.

Опыт модернизации жилых районов периода ГДР схож с общемировыми тенденциями планирования жилых территорий: формирование «совершенных» элементарных планировочных единиц, в данном случае «совершенных микрорайонов». Общность тенденции выражается в формировании полифункциональной и полисоциальной жилой среды, формирующиеся из объектов более локального порядка – кластерная дифференциация (принцип деления на сообщества), с приоритетом сохранения экоприродной среды.

В России наблюдаются схожие процессы трансформации, что пока довольно медленно внедряется в градостроительную политику. Необходима разработка стратегии последующего развития сложившихся территорий с сохранением целостности и эффективности функционирования на весь срок эксплуатации.

УДК 72.03

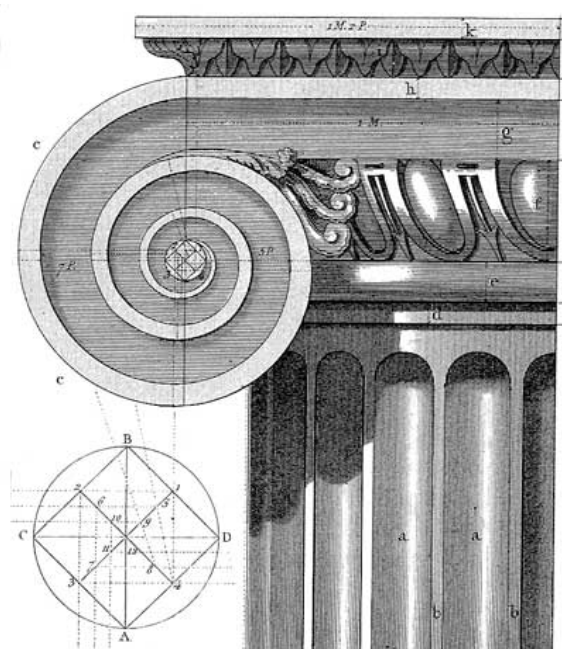
ВОЛЮТА – ЗАВИТОК ВЕЧНОСТИ В АРХИТЕКТУРЕ

А.В. Гущина

Научный руководитель О.Н. Блянкинштейн

Сибирский федеральный университет

Волюта не случайно является символом архитектуры. По энциклопедическому словарю ВОЛЮТА (итал. Voluta – «завиток») – архитектурный мотив в форме спиралевидного завитка с «глазком» в центре, составная часть ордерных капителей (рис. 1), деталь карнизов, порталов, дверей, окон.



Все студенты, обучающиеся по специальности «Архитектура», на первом курсе чертят волноту и изучают способ её построения по Виньоле. Чертеж глазка волноты ионической капители – круг с вписанным в него квадратом и сложной графической формулой внутри (рис. 1). Он представляет собой систему точек, на которые поочерёдно должна опираться игла циркуля, и через которые проходят прямые, соединяющие дуги и точки их сопряжений.

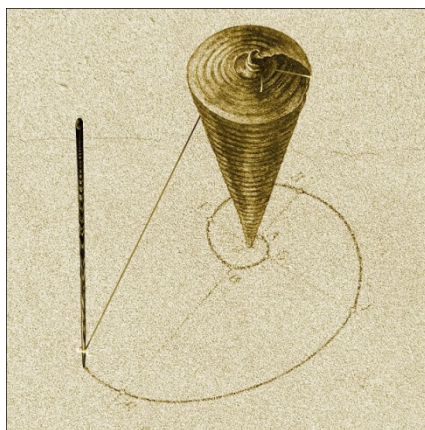
Михайловский И. Б., автор трактата «Архитектурные формы античности», считал, что «тонко прочувствованные очертания элементов греческих профилей, этой каменной азбуки архитектурных поэм Эллады, не поддаются вычерчиванию циркулем, а могут быть вырисованы лишь от руки».

Метод древнегреческих зодчих, скорее всего, был проще. Первым греческим циркулем были две палочки, соединенные веревкой. Если вместо второй палочки использовать раковину Телескопиум (рис. 2, а), то по-

лучится спираль, которая абсолютно соответствует требованиям классической волюты. Нить или тонкая веревка накручивается на раковину. Один её конец привязан к выступу, второй к чертежной палочке. Разматывая веревку, можно получить идеальную спираль нужного размера (рис. 2, б).



а



б

Рис. 2

Спираль – творение не только рук человека. Намного чаще она встречается в живой природе. Наиболее чётко спиральные формы проявляются у цветков растений и раковин моллюсков (рис. 3).



а



б



в

Рис. 3

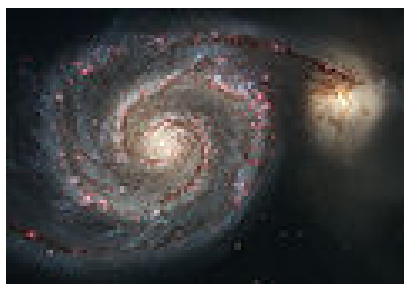
Спиральные формы также широко представлены и в неживой природе: завихрение облаков в области низкого давления над Исландией (рис. 4, а).

Величайшие из всех спиралевидных проявлений в природе – галактики, диаметры которых измеряются тысячами световых лет (рис. 4, б).

В математике спираль – это плоская линия, образованная движущейся точкой, которая удаляется по определённому закону от начала луча, равномерно вращающегося вокруг своего начала. Если точка удаляется от начала равномерно, то получается спираль Архимеда (рис. 5, а). Если же точка удаляется по экспоненциальному закону, то получается логарифмическая спираль (рис. 5, б), которая обладает рядом интересных свойств.

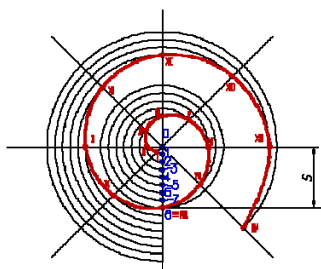


a

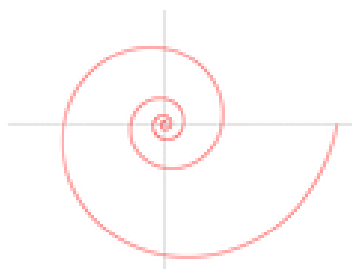


б

Рис. 4



a



б

Рис. 5

При определённых значениях параметров логарифмическая кривая вырождается в прямую или окружность. Замечательно то, что спираль имеет свойства как прямой линии, так и окружности. Отношение линейных размеров каждого витка к предыдущему одинаково во всей спирали. И угол пересечения радиус-вектора и касательной в любой точке спирали постоянен (кривая пересекает все лучи, выходящие из полюса под одним и тем же углом). Другими словами, размер витков увеличивается, но их форма остаётся неизменной. Из любой точки логарифмической спирали можно двигаться бесконечно вовнутрь или наружу. Эта кривая выглядит одинаково и вблизи центра, и удалённая в бесконечность.

Всякая логарифмическая спираль представляет собой схему роста или возрастания и может быть выражена геометрической прогрессией. Особое значение имеет «золотая» логарифмическая спираль, в которой члены геометрической прогрессии являются степенями золотой пропорции. Такая спираль обладает свойством быть одновременно геометрической и арифметической прогрессией, то есть экспоненциальный рост в ней обеспечивается путём простого сложения двух соседних элементов. По мнению исследователей, это свойство дало возможность объяснить многие явления и процессы в ботанике и биологии. «Золотая» спираль естественным образом связана с «золотым» прямоугольником.

Впервые логарифмическая спираль была описана Декартом в 1638 г, позже подробно исследована математиком Бернулли, который завещал выгравировать её на своей могиле (рис. 6).



Рис. 6

Но вместо этого по ошибке на его надгробие поместили Архимедову спираль. Тем не менее, надпись на латыни – EADEM MUTATA RESURGO (*Вновь возрождаюсь – изменяясь*), согласно завещанию, свидетельствует о том, что имеется в виду именно логарифмическая спираль, которая обладает замечательным свойством восстанавливать свою форму после различных преобразований. Столь сильное впечатление произвело на учёного свойство инвариантности этой «изумительной спирали», которая и в наше время является предметом многочисленных исследований.

Современная наука подтверждает древнюю философскую идею о единстве микро- и макромира, в которой, как в фокусе, отражаются фундаментальные проблемы части и целого, конечного и бесконечного, имеющие важнейшее мировоззренческое значение.

Спираль – одна из наиболее распространенных фрактальных форм во Вселенной, взаимодействия звездных систем и существования жизни. Чувство значимости спирали в жизни человека, по-видимому, издавна понимали люди. Они изображали ее в своих украшениях и орнаментах. Она, прежде всего, символ великой созидательной силы. В метафизическом плане она символизирует реалии существования, различные модальности бытия, блуждания души и ее окончательное возвращение к центру.

Спираль – весьма сложный символ, который использовался со времен палеолита. Он обнаружен в додинастическом Египте, Месопотамии, на Крите, в Микенах, Индии, Китае, Японии, доколумбовой Америке, Европе, Скандинавии и Британии. Прообразы волют можно найти в архитектуре Древнего Египта и Древнего Ирана. Наиболее яркое развитие волюты получили в капителях колонн Древней Греции. Большое разнообразие волют можно наблюдать в архитектуре Древнего Рима (рис. 7, а) и Возрождения в Италии (рис. 7, б).



а



б

Рис. 7

Волюта стала излюбленным элементом в архитектурных и скульптурных композициях Микеланджело. Мотив волюты активно применялся в деталях фасадов, оформлении окон и входов зданий эпохи Возрождения.

На фасадах барочных церквей волюты превращены в огромные спирали – эвольвенты – эффектно связывающие верхний и нижний ярусы здания. Такая волюта создаёт плавный и стремительный переход от горизонтали к вертикали. Именно это свойство сделало волюту любимым элементом архитекторов стиля Барокко.

Форма спирали используется архитекторами не только в волютах. Например, лестница в форме спирали из камня, спиралевидная мечеть, спираль в куполах собора Василия Блаженного, башня Татлина, музей Гуггенхейма.

Таким образом, примеры использования спирали в архитектуре говорят о большом внимании к этой форме. Спираль давно была открыта в природе и также давно стала достоянием рационального математического мышления. Используя спираль, архитекторы не только решают с её помощью практические вопросы, но отдают дань духу времени, отражая связь архитектуры с наукой, достигая в итоге высоких художественных целей.

УДК 72.03

АРХИТЕКТУРА ДРЕВНЕЙ ИНДИИ ЭПОХИ БУДДИЗМА КАК РЕПРЕЗЕНТАНТ МЕЖНАЦИОНАЛЬНОЙ АРХИТЕКТУРЫ

Т.В. Лебедева

Научный руководитель О.Н. Блянкинштейн

Сибирский федеральный университет

Архитектура – неотъемлемая часть жизни человека, это особый способ познания и отражения действительности, одна из форм художествен-

ной деятельности общественного сознания и часть духовной культуры как человека, так и всего человечества, многообразный результат творческой деятельности всех поколений. В своей простейшей форме искусство архитектуры представляет собой средство коммуникации, оно несет в себе намерение передать информацию зрителям, используя универсальный, понятный всем язык.

Если рассматривать искусство архитектуры в целом, не беря во внимание разные культуры и вероисповедания, то мы можем увидеть схожесть форм выбираемых архитекторами разных времен и культур, для достижения одной цели – быть понятыми каждым человеком без исключения.

Для подтверждения данных слов обратимся к искусству древнего Востока в эпоху буддизма, потому, что буддизм – исторически первая мировая религия. Она направлена на познание верующим себя, на достижение просветления – нирваны, где нирвана представляет контраст с обыденной жизнью. Буддизм является уникальной религией, которая основывалась на философских учениях. Важно отметить то, что данная религия была основана человеком и имеет иерархичную философскую структуру, но при этом в этой религии отсутствует такое понятие, присущее всем остальным религиям, как Бог.

Индийская архитектура необычайно гармонично связана с природой. В эпоху древности большинство сооружений возводилось из дерева, а потому не сохранилось до наших дней. Архитектура буддизма, дошедшая до нашего времени, была воздвигнута при выдающимся правителе династии Маурьев – Ашоке. Именно он принял буддизм как официальную религию для того, чтобы объединить все земли под единой верой. В эпоху правления Маурьев впервые в Индии был использован камень и в строительстве, и для создания больших скульптур. Техника обработки камня, замечательная полировка, сохранившаяся до наших дней, характерна также и для знаменитых каменных колонн, на которых высечены эдикты Ашоки. Следы такой полировки можно распознать и на стенах искусственных пещер, вырубленных в скалах в Гайе, наиболее древние из которых относятся ко времени правления Маурьев. Религиозная архитектура этого периода представлена столпами, пещерными комплексами, храмами и ступами (каменными сооружениями, в которых хранились реликвии Будды).

Столп – Стамбха (санскр. «отдельно стоящая памятная колонна») – насили и мемориальный характер, по распоряжению императора были установлены по пути следования буддийских паломников из столицы государства Паталипутры к месту рождения Будды.

Из тридцати найденных столпов полностью сохранились лишь десять. Все они воздвигнуты по единому принципу. Стволы столпов сделаны из цельного блока камня, превосходно отполированного. Капители стволов, как правило, состоят из изображения опрокинутого вниз цветка лотоса

и стоящей на нем фигуры священного в буддийской религии животного. Скреплялись эти две части металлическим болтом. На стволах столпов нередко высекались тексты указов и проповедей Ашоки Маурьея. Вместе со скульптурой вершиной вес колонны достигал пятидесяти тонн, а высота – пятнадцати метров. Примером такой колонны является колонна царя Ашоки в Вайшали. Также до наших дней сохранилась капитель колонны – "львиная капитель". Она произведена мастерами из монолита крапчатого песчаника. Она имеет в высоту 2,14 м и была прикреплена к столпу медным болтом.

Колонна (лат. *columna* – столб) – архитектурно обработанная, круглая в поперечном сечении вертикальная опора. Колонны возникли вместе с архитектурой в нашем понимании, как вертикальный опорный элемент конструкции. Мы знаем, что форма колонн встречается в искусстве многих стран: Древнем Египте, Двуречье, Древней Греции, Древнем Риме, Древнем Иране. Это объясняется ее естественной формой, напоминающей дерево, которое, несомненно, использовалось в строительстве, и лишь позднее было заменено более долговечным, прочным материалом.

К искусству Древнего Ирана (VI в. до н. э. – VI в. н. э.) относятся колонны ападаны Персеполь, высотой более 18 м., сложные, высокие капители: нижняя часть имеет вид нераспустившегося бутона, средняя часть – брус с капеллированной поверхностью и двойными валютами, верхняя часть – парные протомы быков.

Можно выделить следующие общие черты присущие триумфальной колонне – отдельно стоящая, ствол часто украшен рельефом капитель в виде статуи. Также читаются общие идеологические черты с Египетским обелиском – воплощал в себе волю правителя, стоял на открытом пространстве и был как связующее звено между народом и правителем через высеченные на стволах колонн доказательства власти правителя.

Ступа (санскр. макушка, куча камней, земляной холм) – это монолитное архитектурно-скульптурное сооружение полусферической формы. Классическим образцом индийской ступы выступает Ступа № 1 (250г до н. э) (рис. 1), расположенная в Санчи (штат Мадхья-Прадеш) – крупнейшем буддийском комплексе Северной Индии – и являющаяся древнейшим сооружением подобного типа.

Ступы строились из кирпича и камня, обычно возводились на круглой или квадратной трехчастной платформе (ведике) либо на открытой площадке. На ведике возлежит кирпичная облицованная камнем полусфера, именуемая "анда" (санскр. "яйцо"). Анда – визуализация архаического представления о "мировом яйце", из которого когда-то развернулась Вселенная, а также образ священной горы Меру. На вершине полусферической анды установлен хармика – кубический реликварий, в котором изначально помещались частички мощей Будды (хармика – санскр. "хармья" –

«скала», «дворец», «крепость», «твердыня»). На хармике ступы в наличии три горизонтальные тяги, соответствующие трем буддийским защитам: Будде, дхарме и сангхе. Все части Ступы пронзались мировой осью – юппой.



Рис. 1

Если Ступа воздвигалась под открытым небом, как в случае рассматриваемой нами Ступы № 1, то она окружалась оградой с четырьмя воротами, ориентированными на четыре стороны света, ворота именовались – то-ранами. Форма ступ восходит к древним надмогильным курганам. Курган – разновидность погребальных памятников, распространённая на всех континентах, кроме Австралии и Антарктиды. Характеризуется, как правило, сооружением земляной насыпи над погребальной ямой. Можно сказать, что курган перевоплотился в индийских ступах, в которых большое значение играла надземная часть. Позднее ступы служили мемориалами, воздвигнутыми в честь событий, связанных с буддизмом. Развитие заупокойного культа было воплощено в религиозные святыни – памятники веры. Ступа в культуре Индии возводилась для хранения в себе буддийских реликвий. Она воплощала законы, проповедуемые буддизмом.

Чайт́ья (от «чити» или «чита», с санскр. «огненный алтарь», «костер») – буддийское культовое сооружение, храм-молельня, вырубленная в скале, иногда отдельно стоящее каменное или деревянное здание. Интерьер скальной чайт́ьи имеет вытянутую форму и сводчатое перекрытие. Как правило, внутреннее пространство было разделено двумя рядами колонн на три нефа: просторный центральный неф и два более узких и низких боковых. Боковые нефы были предназначены для обхода вокруг ступы, расположенной в центральном нефе у аспидной стены напротив входа. Каменные колонны, вырубленные из скального монолита, обычно имеют базы и сложные скульптурные капители. Фасад чайт́ьи оформлялся скульптурными рельефными композициями. В верхней части фасада имеется арочное подковообразное световое окно. Перед входом в храм находится открытый вестибюль. Стены и потолок храма обильно украшались не только рельефами, но и росписями с позолотой.

Классическим образцом буддийских пещерных святилищ может служить чайтья в Карле (рис. 2) – пещерный храм длиной 38 м, шириной 14 м, высотой 13 м.

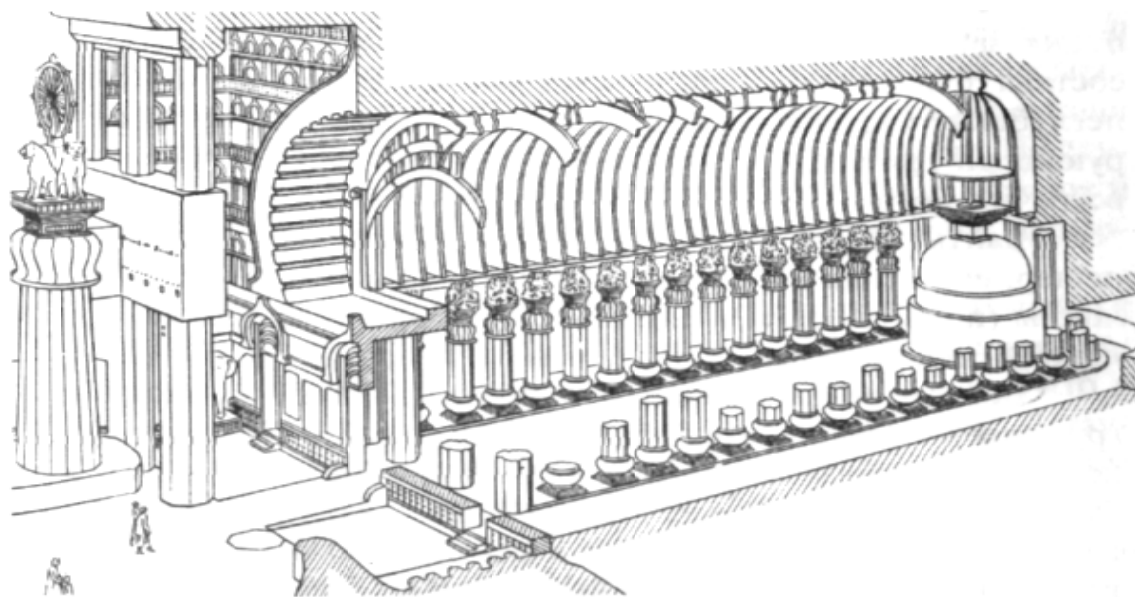


Рис. 2

Интерьер храма освещается расположенным на фасаде «солнечным окном». Колонны по пятнадцать в ряд делят зал чайтьи на три нефа. Семь колонн расположены вокруг ступы в апсиде. В апсиде чайтьи в Карле возвышается монолитная каменная ступа на цилиндрическом цоколе – ведике с декоративной оградой, ступенчатым завершением и деревянным зонтом. В чайтью ведут три входа: средний, слегка приподнятый, и два боковых, предназначенные для паломников из состава буддистов-мирян. Колонны зала чайтьи высечены в скальном монолите довольно близко друг от друга, на расстоянии, меньшем их толщины. В связи с этим капители колонн образуют в целом почти непрерывный скульптурный фриз, препятствуя попаданию света в боковые нефы храма.

Подобные памятники архитектуры мы можем встретить в храмовом искусстве Древнего Египта и Древней Греции; скальной архитектуре Древнего Ирана (город Петра), Персии (скальные персидские гробницы). Храмовая архитектура имеет определенные общие черты: вытянутость вдоль основной оси, ориентированность по сторонам света, обильное использование колонн, деление пространства на две территории (пространство для мирян, пространство для божества, святыни). Также все они имеют культовое, религиозное значение, олицетворяющее шествие к святыни. Что касается скальных сооружений, мы можем заметить богатую резьбу, членение на ярусы, монументальность. Само использование природного пространства, преобразуя его, увековечивает, применяется прочнейший материал – камень для декорирования пространства входа.

Вихара (санскр. "хижина", "убежище") – в раннем буддизме место встречи странствующих монахов; позднее – скальный буддийский монастырь, архитектурно являющийся залом, окруженным кельями, который выступал пространством обитания и собрания монахов в Индии, Шри-Ланке, странах Дальнего Востока.

Вихарой, или сангхарамой, называли в Древней Индии здание монастырского общежития, которое представляло собой застройку одноэтажными однотипными, примыкающими друг к другу, объемами монашеских келий, расположенными по трем сторонам прямоугольного двора со ступой в центре. С четвертой стороны, открытой для входа, ставилась ограда с воротами. Наружные фасады вихар обычно оставались глухими. Каждый объем кельи имел свое, чаще всего сводчатое, перекрытие.

Пещерные вихары, сохранившиеся в Индии до наших дней, имеют, как правило, один этаж, но встречаются и многоэтажные скальные общежития для монахов-буддистов, при строительстве которых помещения вырубали друг над другом в три-четыре этажа, сохраняя при этом по фасаду пирамидно-ярусную композицию в подражание наземным вихарам. Подобное можно видеть в Удайгири. В Аджанте сохранилось около двадцати скальных пещер-вихар, созданных между 400 и 642 гг.

Первоначально в помещениях вихар не совершались культовые обряды, однако в период раннего Средневековья, когда стали отживать свое ступы с оградой и чайтйи, вихары постепенно преобразовались в основной тип буддийского храма. Кельи превратились в целлы с установленными в них статуями Будды, а общий зал был приспособлен к совершению буддийского храмового ритуала равно как для монахов, так и буддистов-мирян. Однако известные планы ранних монастырей-вихар позволяют говорить о келейно-общинном образе жизни буддийских монахов, сосредоточенном вокруг главного монументального символа учения Будды – ступы.

Исследование позволяет сделать вывод о том, что искусство межнационально, оно есть «язык» и средство выражения, понятное каждому человеку вне зависимости от расовой и культурной принадлежности. Несмотря на разность культур Запада и Востока, мы можем проследить единую основу, на которую нанизываются «уточняющие» детали, свойственный определенной культуре. Малая архитектурная форма, сами виды построек имеют одно функциональное значение в разных культурах и религиях, в которых человек стремится воплотить в понятных всем формах архитектуры свое стремление к прекрасному, свои идеи и надежды, вкладывая себя и свое мировоззрение, отображая свою культуру. Архитектура древности выступает в роли способа не прямой коммуникации между людьми разных культур, объединяя их в стремлении отобразить законы мироздания.

ВЗАИМОСВЯЗЬ РАЗВИТИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ЛИЧНОСТИ И ЕЕ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ

Н.Е. Кокина

Научный руководитель А.Р. Грекова

Сибирский федеральный университет

Генетическую программу человека можно представить в виде различных вариантов развития и проявления индивидуальностей. Можно выделить такие особенности как особенности пола, телосложения, темперамента, эмоционального поведения. При этом каждая из них имеет свои сопровождения, которые вместе и образуют характер. Врожденное в характере человека – это набор черт, которые ему даны от рождения. Унаследованные черты характера обязательно проявятся в поведении человека и его психологическом облике.

Генетическая программа человеческого вида, как известно, допускает появление на свет особей мужского или женского пола. Половая принадлежность – это навязанная природой функция, которую человек призван выполнить во имя продолжения человеческого рода. Половая принадлежность диктует индивиду то, как он будет развиваться, осваивать социальный опыт, чтобы реализовать свою субъектную реальность. Помимо специфических биофизиологических (строение тела) и психофизиологических характеристик (функции полушарий мозга, интеллект, эмпатия, эмоции), мужчин и женщин отличает друг от друга ряд видовых психических свойств – мужских, маскулинных, и женских, феминных. Маскулинные и феминные качества – это, в основном, врожденные психологические признаки половой принадлежности, входящие в характер. Маскулинность проявляется в таких чертах, как смелость, воля, напористость, стремление демонстрировать силу, авантюризм, жесткость и др. Феминности соответствует уступчивость, покористость, попечительство, сострадание и т. п. Науке известно, что психологических параллелей половой принадлежности не две, а больше, поскольку могут встречаться не только "чистые", но и "смешанные" варианты проявления мужских и женских психологических качеств. Половая принадлежность оказывает существенное влияние на развитие тотальных морфологических признаков (длины тела, его массы, обхватных размеров), да и внутри полового вида люди различаются ростом, объемом массы и формой тела, размерами грудной клетки, головы. За внешними антропометрическими различиями кроются вариации размеров внутренних органов, объема крови, протяженности кровеносных сосудов и

нервов, а если посмотреть глубже – различия биохимического и биофизиологического свойства, прежде всего энергетические.

Эрнст Кречмер – немецкий **психиатр и психолог**, создатель типологии темпераментов на основе особенностей телосложения, выделил и описал три основных типа телосложения, которые предоставила природа человеку – астенический, атлетический и пикнический. Среди его публикаций (их более 150) особое место занимают работы по соотношению конституции тела и характера. В основной работе своей жизни «Строение тела и характер» им было описано обследование около 200 больных. На основании множества вычислений соотношения частей тела Кречмер выделил основные типы строения тела (чётко выраженные – лептосомный, или психосоматический, пикнический, атлетический, и менее определённый – диспластический). Эти типы конституций он соотнес с описанными ранее психическими заболеваниями – маниакально-депрессивным психозом и шизофренией, и оказалось, что существует определённая связь: к маниакально-депрессивным психозам более склонны люди с пикническим типом конституции, а к шизофрении – с лептосомным.

Кречмер попытался обозначить биохимические и биофизиологические особенности, сопутствующие каждому типу телосложения. Астеническому свойственны внутренние (биохимические) особенности, обуславливающие колебание чувствительности, восприимчивости, впечатлительности; пикническому – колебания энергий (приливы и отливы), атлетическому – относительная стабильность чувствительности и энергетики. Кроме того, Э. Кречмер подметил самое любопытное: каждый тип телосложения имеет психологические признаки – т. е. черты, определяющие характер. Астенический тип телосложения – шизотимический склад характера. Это обычно худые, невысокие мужчины и женщины, с тонкой кожей лица и тела, узкими плечами, тонкими руками, плоской и удлинённой грудной клеткой. Им свойственны такие черты характера, как аристократичность, утонченность чувств, склонность к отвлечённым размышлениям, отчужденность, эмоциональная холодность, эгоистичность и властность. Атлетический тип телосложения – и соответствующий склад характера, это люди, обладающие сильно развитым скелетом и мускулатурой, высокого и среднего роста. У них плотная и высокая голова, широкие плечи, мощная грудная клетка.

Пикнический тип телосложения – это люди, склонные к полноте и ожирению, с круглой, объемистой головой, развитой грудью, с короткой шеей, среднего роста. Их отличает циклотимический (синтонный, флегматичный) склад характера.

В той же работе Э. Кречмер исследовал связь типов телосложения с особенностями темперамента личности.

Известно, что еще академик И.П. Павлов выделил четыре комбинации, которые определяют темперамент человека: сангвинический, флегматический, холерический и меланхолический. Эти динамические различия типов темперамента сопровождаются врожденными свойствами характера личности.

- Сангвиник – человек деятельный, общительный, полный надежд, обладает юмором, неустойчивыми интересами, не всегда сдерживает обещания, легко и с удовольствием вступает в контакты с незнакомыми, является хорошим собеседником, обычно добр, готов прийти на помощь.

- Меланхолик – тревожен, насторожен, недоверчив, с ранимой душой, замкнут, не склонен давать обещания и проявлять доброту.

- Холерик – отличается вспыльчивостью, горяч, несдержан, склонен совершать необдуманные поступки, жаждет перемен, общителен, но не всегда и всем приятен своими привычками спорить, искать истину.

- Флегматик – любит бездеятельность, постоянен в своих привязанностях, не склонен к переменам, тяжел на подъем.

Кречмер, в свою очередь, выделил семь темпераментов, соотнесенных с тремя основными группами:

1. Циклотимический, на основе пикнического телосложения (а: гипоманический, б: синтонный, в: флегматичный);

2. Шизотимический, на основе лептомсомной конституции (а: гиперестетический, б: собственно шизотимический, в: анестетический: сангвиник, холерик);

3. Вязкий темперамент (*viskose Temperament*), на основе атлетического телосложения, как особый вид темперамента, характеризующийся вязкостью, трудностью переключения и склонностью к аффективным вспышкам, наиболее предрасположенный к эпилептическим заболеваниям.

В качестве основных свойств темперамента Кречмер рассматривал чувствительность к раздражителям, настроение, темп психической деятельности, психомоторику, индивидуальные особенности которых, в конечном счете, обусловлены химизмом крови.

Ряд ученых считает, что конституция человека зависит от темперамента. В этом плане интересна работа Шелдона. Для того чтобы можно было определить критерии для деления людей на группы, Уильям-Герберт Шелдон, американский ученый, врач, психолог, выбрал фотографии четырех тысяч обнаженных студентов, сфотографированных сбоку, спереди и сзади. На основе визуального антропического метода он выбрал наиболее несхожие группы людей. Таких групп оказалось три.

Первая группа, или первый тип, по внешнему виду был похож на Винни-Пуха (если, конечно, можно сделать такое сравнение). Люди, принадлежавшие к этому типу, характеризовались округлыми формами и мягкотелостью, большим содержанием жира на животе и бедрах, крупными

внутренними органами, мелкокостностью и неразвитыми мышцами, расслабленными мягкими руками и ногами, круглой головой.

Второй тип характеризовался широкими плечами и мощной грудной клеткой, мускулистыми руками и крепкими ногами, массивной головой, минимальным содержанием подкожного жира. Обычно о таких говорят "отлично сложен".

Внешний вид третьего типа отличался худобой, большим лбом, удлинённой формой лица, длинными тонкими ногами и руками, неразвитыми мышцами и отсутствием жирового слоя, узкой грудью. Но Шелдон подчеркнул, что у этих людей хорошо развита нервная система. Мы бы назвали этот тип типом сухаря-математика.

Шелдон каждому типу дал свое название (виссеротония, соматония и церебротония) исходя из функционального преобладания того органа, который доминировал у этого типа. Так, по Шелдону, виссеротония – это преобладание органов пищеварения; соматотония – это преобладание двигательного аппарата; церебротония – это преобладание деятельности высших нервных центров. Каждого человека он охарактеризовал по степени выраженности того или иного темперамента. Самую большую выраженность он обозначил цифрой 7, а самую малую – цифрой 1, а так как у нас три типа, то каждый человек характеризуется тремя цифрами от 7 до 1. Например, если человек имеет соматотип 6-3-2, то мы имеем выраженные свойства виссеротоника, среднюю степень выраженности соматонии и явно слабые или почти невыраженные свойства церебротонии. Если мы имеем 1-1-7, то этот человек относится к церебротоникам, соответственно обладает всеми характеристиками, присущими этому типу. Впоследствии Шелдон в течение пяти лет изучал связь между соматотипом и темпераментом.

Говоря о взаимосвязи антропометрических характеристик человека и развития его нервной системы, нельзя не вспомнить об известной физиогномической системе Иоганна Каспера Лафатера, считавшего основным путем познания человеческого характера изучение строения головы, конфигурации черепа, мимики и т. д. Так, о гениальности Гете, по мнению Лафатера, в наибольшей степени свидетельствует его нос, который "знаменует продуктивность, вкус и любовь – словом поэзию".

При описании характера человека физиономисты использовали в качестве определяющих самые различные признаки. Так, помимо носа, внимание уделялось рту человека. А. Делестр отмечал, что степень сжатия губ прямо пропорциональна твердости характера; расслабленные губы – признак обладания "женскими" чертами характера (мягкость, любезность), и чем больше – тем выраженнее (у глупого человека, например, рот вообще открыт). Это объяснялось тем, что даже когда человек смеется, на его лице рефлекторно возникает определенная маска, соответствующим обра-

зом связанная с характером. Улыбка может быть самодовольной, сладкой, счастливой, светлой, холодной, насмешливой, кроткой, глупой и пр.

Но самым важным показателем характера считались глаза человека. Аристотель указывал, что большие добродушные, но выпуклые глаза являются признаком глупости. Л.Н. Толстой различал, например, хитрые глаза, лучистые, светлый взгляд, грустный, холодный, безжизненный. Он писал: "Есть люди, у которых одни глаза смеются, – эти люди хитрые и эгоисты. Есть люди, у которых рот смеется без глаз, – это люди слабые, нерешительные, и оба эти смеха неприятны».

Роль нервной системы, прежде всего ЦНС, в регуляции биологической жизнедеятельности организма несомненна: тип высшей нервной деятельности человека и психическая индивидуальность связаны с его биохимической индивидуальностью уже в силу обратного влияния биохимических процессов на состояние ЦНС в норме и патологии. Интенсивность интеллектуальной деятельности, по-видимому, связана с процессами метаболизма; активированность как синтетическая характеристика нервной системы ассоциируется, с одной стороны, с уровнем энергетического обмена организма, а с другой – с некоторыми личностными и интеллектуальными показателями. Но взаимоотношения свойств нервной системы и особенностей антропометрического строения человека, несомненно, очень сложны.

УДК. 711.01

КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ НАБЕРЕЖНОЙ КРАСНОЯРСКА

Я.В. Чуй

Научный руководитель Л.В. Гайкова

Сибирский федеральный университет

Большинство сибирских городов располагаются вдоль рек и имеют протяженную береговую полосу. Исследования показывают, что практически во всех городах на фоне интенсивных изменений последних десятилетий набережная остается в нетронутом состоянии, тогда как основная часть городской территории находится в непрерывном развитии. Вследствие этого остро встает вопрос о новом качестве этих территорий, о современных методах и приемах их освоения.

Основными проблемами набережных в современных условиях являются: малопривлекательность для населения, заброшенность и неухоженность, отсутствие выходов на береговую полосу достаточно большого ко-

личества жилых территорий из-за размещения в прибрежной зоне промышленных территорий, отсутствие полноценной озелененности и прямых пешеходных проходов к воде. Для того чтобы вдохнуть новую жизнь в набережную и сделать ее доступной для людей необходимо по-новому посмотреть на вопросы функционального насыщения, планировочной организации, обустройства.

Для решения этой задачи за основу следует принять очень важный тезис: набережная является значимым элементом города и одним из видов общественных пространств. Таким образом, набережная входит в общегородскую систему общественных пространств, и поиск решения проблем следует начинать с рассмотрения ее роли и места в жизнедеятельности города.

В Красноярске набережная очень протяженная и занимает территории в исторически сложившемся общегородском центре, промышленных зонах, жилых районах, рекреациях. Кроме протяженности и территориальной разнородности важным фактором, оказывающим влияние на формирование набережной, является то, что часть ее находится в исторически сложившемся центре. Влияние оказывают историческая застройка и планировочные особенности этой части города: облик, «нарезка» кварталов, исторически сложившиеся поперечные улицы с выходом на берег и образованием в местах стыковки особых функциональных зон. Помимо исторического фактора на развитие территории оказывают воздействие транспортные коммуникации, пешеходные пути и узлы концентрации общественных функций, сформировавшиеся в прибрежной зоне. Характер воздействия этих факторов на формирование набережной Красноярска в целом и отдельных ее элементов удалось выявить в результате натурных и графоаналитических исследований.

Анализ показал, что общественные зоны-узлы на набережной можно разделить по уровням: городского, районного и местного значения. Наличие транспортных коммуникаций и мостов также оказывает влияние на набережную. По отношению к транспортным коммуникациям выявленные общественные пространства можно разделить на расположенные непосредственно на транспортных развязках, вдоль автомагистралей, на пересечении пешеходных потоков и вблизи распределительных и пересадочных пунктов. Если рассмотреть набережную с точки зрения пешеходных потоков, то можно увидеть что организованные пешеходные пути находятся только в исторически сложившейся части набережной, все остальные образовались стихийно и являются опасными. В некоторых районах города можно наблюдать рекреационные зоны и пешеходные направления, ведущие на набережную, но не имеющие логического функционального завершения. Рассматривая сложившиеся общественные пространства на набережной Енисея с точки зрения функционального насыщения, следует от-

метить, что вблизи исторического центра явно выражена концентрация культурно-просветительской функции с местами тихого и активного отдыха на берегу и административно-деловой в меньшей мере. В других районах набережной при точечном освоении характерна торгово-развлекательная функция и слабо развитая рекреационная зона.

Таким образом, в результате проделанной работы удалось выявить зоны, которые по своему потенциалу могут претендовать на роль фокусов. Эти пространства формально существуют, но четко не сформированы и неразвиты. Обследование таких общественных пространств на территории набережной позволило их классифицировать. Выявляются исторически сложившиеся (давно существующие и освоенные горожанами), точечные (изолированные, не имеющие связи с другими и насыщенные случайными функциями), скрытые (стихийно образованные, недостаточно оформившиеся). Эти зоны вдоль набережной расположены не равномерно, не тяготеют друг к другу, осложняя тем самым перемещение людей вдоль реки. Очевидно, что требуется включение дополнительных узлов и развития в них рекреационной функции. Для того чтобы решить эту проблему, существующие фокусы необходимо рассматривать как единую структуру. Сегодня сложившаяся на красноярской набережной система общественных узлов-фокусов и связей между ними проявляется в виде линейно-узловой структуры, которая требует комплексного рассмотрения и определения перспектив развития.

Концепция развития красноярской набережной заключается в том, чтобы объединить все существующие общественно-активные пространства единой озелененной пешеходной линией (променадом) и создать в ее рамках новые узлы-фокусы с различным функциональным наполнением и значимостью. Месторасположение новых узлов определяется в результате комплексного анализа по различным критериям, таким как транспортная и пешеходная доступность, окружение, функциональное насыщение прилегающих территорий, визуальные и пешеходные связи, доступность прохода к воде, заброшенность территорий и возможности модернизации промышленности.

Новые общественно-активные пространства по своему значению и содержанию могут быть основными, дополняющими, переходными. Они могут образовываться на новых территориях, на исторически значимых местах, присоединяться к существующим общественным пространствам в разных районах города, появляться на заброшенных и бывших промышленных территориях в качестве парков и зон активного отдыха с целью улучшения качества среды. По отношению к транспортной инфраструктуре образованные фокусы могут появиться на новых сформированных транспортных узлах, где предполагается применение современного экологического транспорта, как наземного, так и водного. Например, использование современного водного транспорта обуславливает образование новых

пересадочных пунктов. Также следует усилить, а где-то и создать новые прямые пешеходные направления к воде, сформировать новое общественное пространство на набережной. Стоит уделить внимание пешеходным потокам местного значения, таким как проход с прилегающих жилых районов на прибрежную территорию.

В соответствии с тем, что береговая полоса имеет разное функциональное зонирование, фокусы на набережной тоже будут иметь разное содержание, которое определяется характером жизнедеятельности определенной территории. Особое внимание следует уделить функциональному насыщению новообразованных общественно-активных пространств на набережной и связям между ними. Эти пространства могут иметь одну функцию или быть многофункциональными. Новые фокусы разделяются на самостоятельные функциональные пространства или присоединяются к существующим зонам для их усиления и развития. Особо следует рассматривать связи между фокусами-узлами. Они могут быть насыщены обслуживающими функциями или оставаться рекреационными зонами. Некоторые из вновь образованных общественных пространств будут иметь непосредственную связь с прилегающими территориями (жилыми или общественными), а некоторые, наоборот, являться закрытыми или выполнять роль соединительного элемента.

Не маловажным аспектом рассмотрения остается комфортность пребывания горожан на набережной. Имеется ввиду доступность и удобство перемещения, достаточное количество элементов обустройства и обслуживания, возможность выбора вида и формы проведения досуга и т. п. Важнейшим вопросом при решении этой задачи является экологическая составляющая. Имеется ввиду, например, обеспечение шумозащиты от транспорта (установка шумозащитных элементов), установка ветро- и солнцезащитных сооружений, сохранение почвенного слоя (обогащение, замена, посадка специальных пород деревьев и кустарников и пр.), использование для полива собранной дождевой воды и т. п. речь должна идти о снижении антропогенной нагрузки на человека и сложившейся экосистемы реки. Должны быть задействованы инновационные технологии, обеспечивающие автономное существование выделенных фокусов-зон в разное время года. Например, использование энергосберегающего оборудования, покрытий, вырабатывающих кинетическую энергию, солнечных батарей для освещения территории, применение нового экологически чистого транспорта, как наземного, так и водного.

Предложенный подход рассмотрения отдельных городских территорий позволяет зафиксировать и оценить новые явления в развитии крупного города, обусловить оптимальную организацию системы общественных пространств, стимулировать формирование нового качества городской среды, полезен при составлении генерального плана города.

ВЕЧНАЯ ТЕМА

К.И. Чечулинская

Научный руководитель И.А. Удина

Сибирский федеральный университет

В современном мире вряд ли найдется человек, который ни разу не слышал про великие пирамиды в Гизе, являют не только символами одной из величайших цивилизаций, но и памятниками архитекторам, создавшим их. Но при этом немногие люди знают, что древние люди строили пирамиды не только на территории Африки, а и во всех частях света. Так что же такое пирамида? Существуют различные определения данного термина. Например, с точки зрения геометрии: пирамида (от греч. *pyramis*, род. п. *pyramidos*) – многогранник, основание которого многоугольник, а остальные грани треугольники, имеющие общую вершину. По числу углов основания различают пирамиды треугольные, четырехугольные и т. д. с точки зрения архитектуры пирамида – монументальное сооружение, имеющее правильную пирамидальную (иногда ступенчатую или башнеобразную) форму и характерное в основном для древнего мира (рис. 1).



Рис. 1

В древнем мире пирамиде чаще всего предавалось религиозное значение. Они использовались для захоронения мертвых, а также в различных ритуалах и обрядах. С чем же связан выбор именно такой формы строения? Ученые спорят по этому поводу по сей день. Считается что форма и

размеры пирамид основаны на пропорциях золотого сечения. Многие утверждают, что благодаря своей форме они работают как накопители и передатчики энергии, из-за чего в них создается особая атмосфера. Достоверным можно считать то, что пирамида является прочным и тектоничным сооружением. Не зря они сохранились до наших времен. Технологии и секреты строительства древних пирамид исчезли вместе с цивилизациями, построившими их, но это не остановило будущие поколения. Еще римляне начали осваивать строительство новых пирамид, копируя древние образцы. Примером являются Цестиевая и Ватиканская пирамиды, по легенде в них были захоронены братья-основатели Рима Рем и Ромул. Позднее эти пирамиды были скопированы при строительстве надгробья левреток Екатерины II в Екатерининском парке.



Рис. 2

Благодаря своей простоте и одновременно с этим выразительности форма пирамиды получила широкое распространение в современной архитектуре. Прогресс строительных технологий позволил расширить область применения пирамидальных сооружений. Они давно утратили религиозный и мистический характер. Практически во всех крупных городах мира существуют свои «великие пирамиды», увеличению их количества также способствует тот фактор, что пирамиду можно построить из любого материала будь то бетон, кирпич, металл или же стекло. Данный фактор также повлиял на большое разнообразие форм современных пирамид. Они давно перестали строиться по определенным канонам. Самой знаменитой современной пирамидой, бесспорно, является стеклянная пирамида в Лувре (рис. 2). Спроектированная архитектором Йонг Минг Пей, она была построена для расширения полезной площади музея, а также для распределения по-

токов посетителей. Контраст современной стеклянной конструкции и старинного здания музея вызвал множество споров в обществе. Но в итоге пирамида отлично справляется с возложенными на нее функциями и уже невозможно представить Париж без нее.

Еще одна большая пирамида находится в Лас-Вегасе (рис. 3). Это отель Лихог построенный в 1993 году, представляет собой копию пирамиды Хеопса, выполненную из темного стекла. Внутри здание состоит из 30 этажей, на которых располагаются 1500 номеров. Несмотря на разнообразную архитектуру Лас-Вегаса пирамида является одной из самых известных и запоминающихся построек города.



Рис. 3

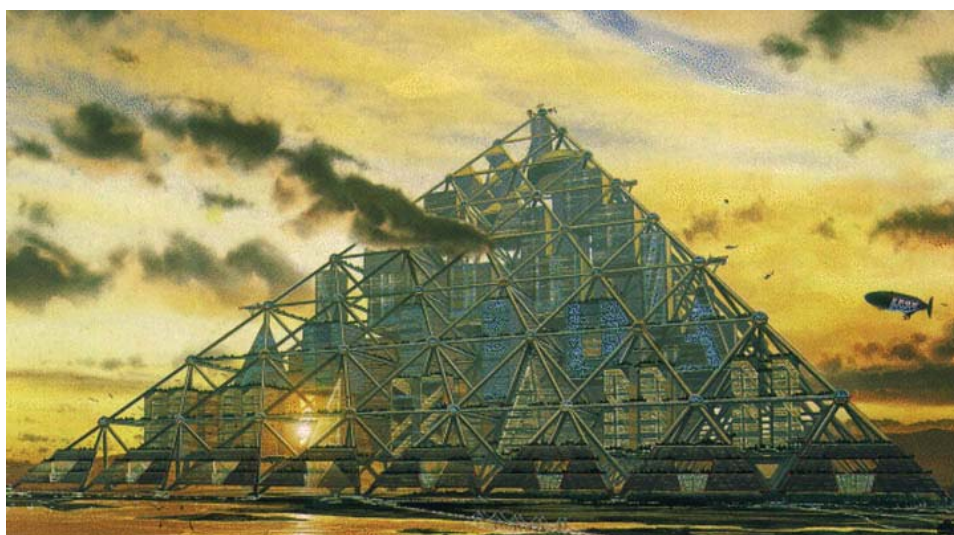


Рис. 4

В основном в пирамидах располагаются общественные здания, такие как торговые центры, стадионы и многие другие. Среди них интересна пирамида, расположенная в г. Астана. Пирамида задумывалась как культурно-выставочный центр, демонстрирующий многоконфессиональность Казахстана.

на. Потому форма выбрана максимально толерантная, восходящая к самым древним храмам-пирамидам. Внутри же пирамида – абсолютно современное, даже во многом передовое сооружение. Кроме зданий-пирамид существуют множество построек с небольшими пирамидками. Чаще всего они являются архитектурным элементом, завершающим высотные здания, а также используются в качестве световых фонарей. На здании нашего института тоже находятся пирамиды из стекла. Они освещают первый этаж корпуса. Существует также несколько амбициозных проектов пирамид. Например, пирамида-город (рис. 4). Японские ученые предлагают построить огромное сооружение, которое бы состояло из 55 пирамид, составленных друг на друга в пять рядов. Ее высота должна составлять примерно 1 км. Это будет полностью автономный город, построенный в токийской бухте, что немаловажно в условиях нехватки земли в густонаселенной Японии.

Еще один город – пирамиду планируют построить в Дубае. По проекту площадь здания составляет 2,3 км² и должна вместить 1 млн человек. Также проект называют «экопирамидой», так как здание будет функционировать независимо от энергетической системы – за счет использования пара, ветра и других природных ресурсов. В заключении можно сказать, что пирамиды – это вечная тема, которая является неотъемлемой частью архитектурного облика множества городов. При этом новые пирамиды продолжают строиться во всем мире. А развитие инженерных и строительных технологий позволяет воплощать в жизнь все более смелые и амбициозные проекты архитекторов.

УДК 72.01

АРХИТЕКТУРА В ГАРМОНИИ С ПРИРОДОЙ

Е.К. Левина, Е.В. Кузьминых
Научный руководитель Т.Ю. Дубенкова
Сибирский федеральный университет

*Органичные здания всегда – «из земли»
и для жизни, которая протекает в них ...*

Архитектура в гармонии с природой

В плюрализме конца XX века и начала XXI достойное место занимает органическая архитектура. В чем феномен ее живучести? Почему в век высоких технологий и неведомых ранее неограниченных технических и формообразующих возможностей некоторые архитекторы по-прежнему

находятся под воздействием природных форм? Совершенно очевидно, что это явление имеет уходящие в далекое прошлое глубокие корни. Обладая огромной жизненной силой, они не могут не влиять на настоящее...

Во все времена архитектуре была свойственна двойственность. С одной стороны, она была органической, ибо следовала законам природы, с другой стороны – искусственной, так как соответствовала идеалам, завещанным Эвклидом.

Историк архитектуры Берендт в своем исследовании о современных зданиях органическую тенденцию развития архитектуры назвал “образованным искусством”, а рациональную – “изящным искусством”. Органическую архитектуру, по его мнению, определяют формы, не основанные на геометрии, динамические, неправильные, возникающие как результат контактов с реальностью, следствие здравого смысла. А формы неорганической архитектуры основаны на геометрии, правильные. Они – следствие совершенных пропорций, золотого сечения и абсолютной красоты, результат образования. Вместе с тем каждую форму органической архитектуры следует рассматривать как организм, который развивается в соответствии с законом своего собственного существования, своего собственного особого ордера, в гармонии со своими функциями и своим окружением, как растение или другие живые организмы. В противоположность этому любая форма неорганической архитектуры похожа на механизм, все элементы которого расположены в соответствии с классическим порядком и незыблемым законом данной системы.

Сам термин “органический” применяется преимущественно в трех значениях. В первом “органический” обозначает “следующий природе своего назначения и материалов”. При этом под назначением понимают не только практические, но и духовные потребности людей. Второе и наиболее характерное значение термина “органический” означает “подчиненный условиям природного ландшафта”, то есть климатическим условиям среды и совокупности ее эстетических качеств. Третье значение понятия “органический” – “следующий природным формам как образцам”. Такую интерпретацию термина принимают далеко не все. Например, Бруно Дзеви считал ее ошибочной. Он резко протестовал и против биологических метафор в традиции Вазари, и против натуралистического подхода Берендта, сравнивавшего очертания окон в зданиях Райта с рисунком и группировкой листвы.

В нашем понимании органическая архитектура не та, которая слепо следует природным формам, а та, которая хорошо вписывается в определенный ландшафт, живет в гармонии с природой. Например, «Дом над водопадом» архитектора Френка Ллойда Райта. В Миль Ране, Пенсильвания в заповеднике Бер Ран, где поток течет на высоте почти 400 метров над уровнем моря и внезапно обрывается вниз на 9 м., Френк Ллойд Райт построил экстраординарный дом, известный как «Дом над водопадом», переопределивший взаимоотношение между человеком, архитектурой и природой. Райта потрясла витальность юного леса и скульптурная чехарда

горных пород, выходящих на поверхность. Они вдохновили Райта на создание сложной системы террас, нависающих друг над другом. Проектировал он «изнутри наружу». Низкий потолок и рваный камень в отделке создают ощущение пещеры. В этом камерном интерьере особенно хороши реликты – индейские терракотовые предметы, французский фаянс начала XIX века, древние китайские скульптуры. Дом словно вырос в лесу вместе с деревьями и скалами. Он как бы парил над склоном. Трехуровневые террасы, сбегаящие с обрыва, казались вылепленными самой природой, а самая нижняя живописно нависала над стремительно падающим потоком воды. Внутри – эстетская пещера. Снаружи – нагромождение скал. Так Фрэнк Ллойд Райт воплотил свою мечту о доме-рельефе.

Каменный дом в горах. Этот небольшой дом на берегу горного озера Вакатипу стал результатом вдохновения красивейшими альпийскими пейзажами. Одноэтажный объём, отделанный местным камнем, буквально врастает в гору, вход выполнен через инверсную крышу, являющуюся естественным продолжением рельефа. Стекланный фасад расширяет общую зону великолепными видами, объединяя её с окружающими буковыми лесами. В доме есть всё необходимое для круглогодичного проживания, тёплые полы обеспечивают дополнительный комфорт в холодную зиму, есть запас газа в баллонах, вода берётся из находящейся рядом реки.

Лесной дом Роберта Харви Ошатца. Оригинальный дом среди деревьев построил архитектор Роберт Харви Ошатц в лесу близ американского горда Портленда. Расположенный на склоне дом удачно вписался в ландшафт и отлично сочетается с окружающей природой. Изогнутые линии фасадов чередуются со стеклянными проемами. Изогнутые деревянные балки несут затейливо изгибающуюся кровлю. Очутившись в доме, сложные пространства интерьера сливаются с экстерьером, перетекая друг в друга и открываясь каждый раз по-новому. Сложно определить, когда начинается одно помещение и заканчивается другое. Функциональное зонирование светом дает только намеки на деление пространства, оставляя место для собственной сценографии интерьера.

Дом-дерево в Австралии. Опасно выглядящий выступ балкона кажется настолько большим, что может вырвать здание из земли вместе с фундаментом. Однако оно так же устойчиво, как и окружающие его приземистые деревья. Именно они вдохновили архитектора на форму и цвет – дом, подражая деревьям, как бы распластывается по каменистой почве, крепко цепляясь за неё «корнями».

Дом у моря в Швеции. Этот загородный особняк расположен на архипелаге южнее Стокгольма, на участке с великолепным видом на море, но суровым, ветреным климатом. В этом проекте шведские архитекторы продолжают искать границу между внешним и внутренним, открытостью и защищённостью, исследовать отношения между искусственным и естест-

венным. Н-образная форма дома помогает создать закрытую от ветра территорий и продлить сезон открытого отдыха. Примерно треть от застроенной площади состоит из полукрытых площадок под крышей.

Лесной дом архитектора Артура Касаса. Целью Касаса было максимально объединить интерьеры и окружение. Огромные раздвижные стеклянные стены делают центральную часть дома сквозной, как бы приглашая окружающий лес вовнутрь или, напротив, раздвигая интерьер до самого леса. Дом сделан из бетона и полностью облицован кумарой. Минималистический интерьер в коричнево-белой палитре лишён всякого декора, превращаясь в чистый холст для творческой, артистической атмосферы.

Дом над океаном в Перу. Этот динамичный дом расположен в 117 км к югу от Лимы, в месте, где встречаются перуанская пустыня и Тихий океан. Основной задачей архитекторов было максимально интегрировать архитектуру и сложный прибрежный ландшафт. Небольшой сад у входа является продолжением пустыни, а террасы и два бассейна связывают дом с океаном.

Лесной дом в Финляндии. Дом гармонично вписался в окружающий его дикий лесной массив, не вступая, в то же время, в открытый спор с его природной чистотой. Естественные материалы – лес и камень – обеспечивают интеграцию с лесом через смену времён года, погоды и света, а современные технологии позволили сделать дом более открытым через большие остеклённые участки.

Стеклянный дом Лины Бо Барди. Этот дом, построенный в 1951 году по проекту Лины Бо – выдающееся по новизне технологий и внутреннему устройству сооружение. Именно там были отработаны принципы построения пространства, “открытого внешнему миру”. Здание как бы впускало внутрь себя тропический лес, окружавший его со всех сторон. Дом заложил заповеди, ставшие основой бразильской архитектуры на много лет вперёд: непрерывные окна, стойки-сваи и белые стены составили минимальную базовую палитру для творчества.

Дом-мечта в Австралии. Этот динамичный дом из бетона, стекла и стали расположен на фантастическом откосе, в окружении дикой природы, коал, кенгуру и птичьих стай. В доме четыре спальни, две ванные, просторные открытые площадки, гостиная, столовая и помещения для отдыха. Стена между двумя утесами создает глубокий естественный плавательный бассейн с вполне достаточным запасом воды на случай кустарниковых пожаров. Дом построен из полностью несгораемых материалов.

Лесной дом в Мексике. Этот дом построен на природном выступе холма у большого озера, на просторном участке с богатой флорой и высокими деревьями. Снаружи дом отделан специально изготовленной черепицей, схожей с традиционной для данной местности, и стеклом. Во внутренней отделке использовано дерево и штукатурка. Отличительной чертой дома можно назвать максимально бережное отношение к природе – при

его строительстве все деревья на участке были сохранены, а часть их прекрасно вписалась в интерьер.

Резиденция на холмах. Расположенная на холмах Монтесито, резиденция была разработана, чтобы максимально использовать отличительные особенности участка, включая растущие на нём величественные дубы и разбросанные крупные валуны. Дом выполнен из металла, стекла, бетона и утеплённых металлических панелей. Лишённый кондиционеров, он охлаждается исключительно благодаря сквозному проветриванию, чему способствует также мягкий климат калифорнийского побережья.

В последнее время все чаще политики и общественные деятели говорят об экологических бедах, захлестнувших практически весь мир. И если раньше разговоры сводились к «общим местам» вроде тайфунов, цунами и засухи, год от года обсуждения становятся все более конкретными. Действительно, извержение вулкана Эйяфьядлайёкюдль, разлив нефти в Мексиканском заливе, землетрясение в Японии и многие другие печальные сюжеты текущего года заставляют задуматься о будущем. А кто, как ни архитекторы лучше всего воплощают тенденции времени. Именно поэтому проектировщики и строители сосредоточили внимание на проектах, способных улучшить жизнь людей и состояние природы в недалеком будущем.

Попытка «договориться» с природой, как считают сами архитекторы, это не просто выполнение обычной стандартной работы. Скорее это самый существенный вклад в будущее. То, чем и призван заниматься каждый человек.

Глобальное потепление, а также другие насущные вопросы вроде засухи и учащающихся наводнений стали предметами архитектурного проектирования во всем мире.

УДК 727.3

ИДЕНТИФИКАЦИОННЫЕ И ОРИЕНТАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ГОРОДЕ

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

Проектирование средств городской идентификации и ориентации должно быть взаимосвязанным, целостным действием, которое подразумевает комплексный подход, охватывающий различные аспекты существования архитектурной системы.

Современные проблемы дизайна элементов городской среды очень легко описываются одним простым словом «бессистемность». Недостаточно спроектировать одно отдельное здание, одну отдельную вывеску, одну отдельную остановку, необходима система вывесок или остановок, которая перевела бы проектную культуру и результаты проектирования на качественно новый уровень. В таком случае дизайнер из случайного человека превращается в «сценариста» пространства, которое он проектирует. Он управляет потоками людей, находя индивидуальный подход к каждому отдельному человеку и используя проектный язык, понятный для всех.

Системный дизайн подразумевает комплексные методы проектирования, позволяющие правильно поставить задачу, осмыслить и решить ее, найти общий подход к различным отраслям дизайна, сделать среду более «гуманной», человеческой и дружелюбной.

В нашей стране можно наблюдать множество примеров системного дизайна, которые были реализованы в городах. Самый простой пример – система расположения названия улиц, нумерация домов, дорожные знаки. Более сложный пример – транспортные системы, например московский метрополитен, ориентация в котором является сложной задачей даже для русскоговорящих людей, не принимая во внимание иностранцев. Чтобы понять, почему так произошло, можно рассмотреть пример удачного системного дизайна лондонского метрополитена.

Системность идентификации. Начнем с того, что первым и неотъемлемым шагом в системном проектировании среды является создание фирменного стиля компании. Корпоративный образ оказывает большое влияние на сознание людей, формируя первейшее представление об объекте.

Задача фирменного стиля, во-первых, донести информацию о себе окружающему миру, а во-вторых, дать чувство принадлежности членам своей команды. Как сказал Адриан Форти в своей книге «Объекты желания» «Сделать компанию узнаваемой для сотрудников и рассказать о ее особенностях внешнему миру». Опыт показывает, что отсутствие фирменного стиля или внимания к своему фирменному стилю в современном системном мире недопустимо. Такая организация воспринимается как «безликая и аморфная».

Один из лучших примеров системного подхода в дизайне среды представляет собой лондонская транспортная система. «Дизайн изменил взгляд лондонцев на транспортную систему, именно благодаря дизайну жители стали лучше представлять себе облик, размеры и географию города». Помимо того, что был изменен дизайн вестибюлей, входов и переходов на более просторные, ярко освещенные, была внедрена грамотная навигационная система вывесок и указателей, где основной идеей было использование корпоративного стиля и характерной эмблемы – красно-синего круглого знака лондонского метро, который затем был адаптирован

и для других видов транспорта и явился основным символом объединения всей городской транспортной системы.

Все навигационные обозначения – названия станций, указатели и информационные сообщения – были выполнены единым шрифтом. Эта гарнитура, разработанная в 1916 году Эдвартом Джонстоном, стала одним из элементов фирменного стиля метро и со временем начала использоваться компанией повсеместно.

Все эти новшества внедрялись постепенно, и к 1939 году в облике каждой станции метро, каждого поезда или автобуса, каждого плаката, сиденья или урны стали четко проявляться признаки принадлежности к одной большой корпорации. Если рассматривать элементы этой идентификационной системы, то каждый знак, плакат, указатель работал на систему.

Результатом такого подхода к дизайну стало решение двух задач: во-первых, четкое внутреннее взаимодействие различных частей компании, во-вторых, повышение привлекательности городского транспорта и увеличение пассажиропотока. «Дизайн автобусов, поездов, рекламных материалов, интерьеров станций, даже таких, на первый взгляд незначительных объектов, как автобусные остановки и автоматы для продажи билетов, – все должно было отвечать образу хорошо спланированной и организованной структуры». А стилистическая преемственность всех видов транспорта (метро, автобусов, трамваев, такси) говорит о том, что общественный транспорт Лондона представляет собой единую систему, даже не смотря на то, что дизайн интерьеров самих станции различается.

Системность ориентации. Когда людям пришлось отказаться от пешего движения в пользу транспорта, получилось так, что ориентация в городе не упростилась, а наоборот, усложнилась. Метрополитен не дает четкого понимания структуры города. Двухминутный перегон между станциями кажется очень долгим и расстояние между ними очень большим. Условность схемы метро игнорируется, и если отрезок между станциями изображен коротким, большинство пассажиров принимает его за действительную краткость расстояния. Пересадки с одной линии на другую повергают пассажиров в замешательство, а вынырнув на поверхность, человек зачастую не может определиться с выбором выходов. А если человек пользуется наземным транспортом или идет пешком, то получается, что расстояние между точками А и Б – переменная величина, оно то удлиняется, то укорачивается, а путь между ними может быть совершенно разным.

Следовательно, необходимо рассматривать перемещение людей по городу как сложную, хаотичную систему. Трудно предсказать направление движения человека, еще труднее предсказать количество вариантов перемещения, позволяющих ему достичь пункта назначения. Системный подход в расположении знаков ориентирования в городской среде способен решить эту задачу.

Насыщенность среды ориентационными знаками будет зависеть от района города, степени его населенности и значения в городской системе. Если учесть то, как проектировались современные российские города в советское время, то город можно было свести к системе, рассчитанной на калькуляторе. Так А.Э. Гутнов и В.Л. Глазычев в книге «Мир архитектуры: лицо города» отмечают: «Собирали всю совокупность повседневных потребностей, включая потребность в безопасности от уличного движения, подсчитывали среднюю численность взрослых, детей и стариков на каждую тысячу жителей. Затем определяли предельно допустимое расстояние от подъезда жилого дома до детского сада (150-200 метров), школы (200-300 метров), местного торгового центра, поликлиники (500 метров)».

Микрорайоны объединили в районы. Назвали все это системой ступенчатого обслуживания, согласно которой город можно было представить как матрешку, внутрь которой вложено несколько матрешек поменьше (районы), а в каждую из них – несколько еще меньших (микрорайоны). Поэтому безликие, похожие друг на друга микрорайоны советской застройки как нельзя больше нуждаются в системном подходе к их идентификации и ориентации.

Кевин Линч в своей книге «Образ города» предложил систематизировать элементы городской среды исходя из образности. Прежде всего, он отмечал, что главное в создании систем ориентации – учитывать структуру городской среды, разделяя ее на более мелкие подэлементы, такие, как районы, кварталы, узлы, границы между районами и т. д. В функционировании такой системы может произойти лишь одна недопустимая вещь – чрезмерное количество знаков. Чтобы этого не произошло, необходимо четкое подразделение знаков исходя из районирования.

Во-первых, стоит четко определить границы города и на въездах направлять людей к крупным районам. Учитывая, что из центра города улицы расходятся во все районы, отмечать расположение районных центров и значимых объектов в пределах различных районов.

Во-вторых, определить границы районов, проанализировать их насыщенность значимыми элементами и направлять людей к крупным достопримечательностям, железнодорожным вокзалам, больницам, музеям, театрам, паркам и т.п. Большинство районов, особенно построенных после 50-х гг., имеют форму длинной главной улицы. Элементы ориентирования для таких «коридоров» достаточно просты. Необходимо учитывать, что движение по таким улицам осуществляется либо на общественном транспорте, либо на личном, поэтому в качестве средств идентификации используются баннеры, крупные знаки и направления.

В-третьих, микрорайон необходимо разграничить на кварталы и установить простые знаки на границах кварталов, а также на улицах, их соединяющих. Очень хорошо, если на этом уровне будет решена проблема с

подачей информации о нумерации домов, о названиях улиц и географическом расположении их в пространстве.

В-четвертых, на пешеходном уровне необходимо проанализировать точки прибытия людей из других районов (автобусные остановки), общественные места, места досуга и развлечений. Пешеходные улицы являются не менее напряженным транспортным пространством, где сходятся и расходятся значительные людские потоки, при этом пешеход обладает огромной маневренной свободой. «Однополосную» пешеходную улицу можно использовать для движения в обоих направлениях, строгих правил движения пешеходов нет (в отличие от автомобилей). Поэтому любую пешеходную улицу нужно рассматривать как комплексную систему, где все знаки и ориентиры расположены близко друг от друга. Нужно иметь четкий план их расположения, чтобы не возникало смысловых конфликтов. А так как каждый средовой объект (павильоны, магазины, дома) является самостоятельным объектом, очень важно не перегрузить уличную среду чрезмерным количеством указателей и вывесок.

«Понимание» города происходит на каждом этапе считывания информации, начиная с идентификации объекта в среде и заканчивая ориентацией в этой среде. Каждый объект, будь то улица, квартал, транспортная система или магазин нуждаются в собственной идентификации. Для облегчения перемещения в сложном и многоуровневом пространстве города необходимо четкое подразделение всех элементов и системная организация навигации и ориентации. Если на каждом этапе задачи идентификации и ориентации будут решены, то любой человек, попадающий в город, будет получать информацию по-слоyno, знак за знаком, не позволяя себе потеряться и запаниковать, а городская среда станет более дружелюбной и «читаемой».

УДК 711.424

АРХИТЕКТУРНО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В КРАСНОЯРСКЕ НА ПЕРЕЛОМЕ ЭПОХ (1917–1918 гг.)

К.Г. Петров

Научный руководитель В.И. Царёв
Сибирский федеральный университет

Архитектурно-градостроительные процессы, происходившие в Сибири на переломном рубеже исторических эпох (1917–1918 гг.), являются

наименее изученными, что определяет научную значимость исследований данного периода.

С апреля 1917 г. законную власть в Енисейской губернии представлял комиссар временного правительства, возглавивший губернский комиссариат, ставший преемником бывшего губернского управления. В этот напряженный период деятельность властей осуществлялась во многом по инерции. Если еще 30 апреля, как информировал «Вестник красноярского городского общественного управления» (май 1917 г.), властям удалось провести в Красноярске однодневную перепись населения, по результатам которой в городе насчитывалось 53772 человека, то уже в июле губернский инженер В. А. Соколовский в письме к тюремному инспектору сообщал, что «при крайне тяжелом положении рынка, отсутствии рабочих рук, как в настоящее время, так и в недалеком будущем, не представляется возможным приступить к работам по постройке здания больницы при Минусинской тюрьме» [Государственный архив Красноярского края. Ф. 595. Оп. 59. Д. 903-а.1915–1917]. По тем же причинам, вероятно, не был осуществлен проект здания церковно-приходской женской школы для Красноярска, выполненный архитектором Г. Никитиным в августе 1917 г. [Российский государственный исторический архив. Ф. 835. Оп. 1. Д. 151.1917]. В целом за 1917 г. в строительном отделении Енисейского губернского управления был утвержден лишь один проект переустройства кинематографа в Красноярске [Государственный архив Красноярского края. Ф. 595. Оп. 60. Д. 277. 1911–1920].

После получения сообщения об октябрьском вооруженном восстании в Петрограде 2 ноября при Красноярском совете был сформирован губернский народный комиссариат, на который возлагалось осуществление революционных преобразований в городе и губернии. В феврале 1918 г. для руководства национализированными предприятиями был создан Енисейский губернский совет народного хозяйства (Енгубсовнархоз), в структуре которого появился отдел производства. Гражданский инженер В. А. Соколовский в своей автобиографии (хранится в Красноярском краеведческом музее) писал, что «с приходом Советской власти в Сибири, т. е. в октябре 1917 г. я оставался Губернским Инженером и старшим техником по строительству военного городка до формирования Губсовнархоза весной 1918 г., затем был назначен инженером отдела производства, в котором сформировал проектировочно-строительный аппарат».

9 мая 1918 г. был издан декрет Совнаркома о создании Комитета государственных сооружений ВСНХ – Комгоссора. Вслед за столицей в Енисейской губернии к лету того же года был образован Енисейский комитет государственных сооружений (Енкомгоссор). Гражданскому инженеру В. А. Соколовскому, имевшему опыт работы в должности губернского инженера, было поручено определить функции нового архитектурно-

строительного подразделения в структуре губсовнархоза. Он изложил свои соображения в докладной записке в отдел производства Енгубсовнархоза [Государственный архив Красноярского края. Ф. Р-992. Оп.1. Д.3.1918]:

«С упразднением Губернского Управления Строительное Отделение этого Управления, переходя в Губернский Совет Народного Хозяйства, должно переименоваться в Отдел Государственных Сооружений, согласуясь в этом с Высшим Советом Народного Хозяйства, ибо к непосредственным функциям бывшего Строительного Отделения присоединяется совершенно новые, благодаря упразднению некоторых учреждений и образованию других. Другими словами все гражданское, инженерно-санитарное и фабрично-заводское строительство в губернии сосредотачивается в Отделе Государственных Сооружений, но так как в данное время и близком будущем главным строительством в губернии будет фабрично-заводское, какое тесно связано с Отделом Производства, то названные отделы следует слить в один общий, назвав его Отделом Производства и Государственных Сооружений».

В структуру будущего отдела Соколовский предлагал включить подотдел по государственным сооружениям, возглавляемый губернским инженером, и состоящий из двух секций: инженерно-строительной и технико-механической. На руководство подотдела должны были возлагаться все технические, административные, распределительные обязанности. На секции возлагались подготовительные и исполнительные функции. В целом обязанности подотдела охватывали: рассмотрение и утверждение проектов и смет, разрешение всякого рода технических вопросов, а также технический надзор в отношении особо значительных ремонтов. В штатный состав подотдела В. А. Соколовский рекомендовал назначать специалистов со специальным техническим образованием. Кроме губернского инженера и его помощника в инженерно-строительную секцию должны были входить: старший инженер (зодчий), два младших инженера, два архитектора, шесть старших техников, младшие техники и один чертежник. В технико-механическую секцию предлагалось включить: старшего инженера (технолога), младшего инженера (химика), младшего инженера (электрика), шесть техников и одного чертежника. По мнению Соколовского, организация в таком виде подотдела по государственным сооружениям дала бы «возможность поставить строительство по губернии в соответствии с требованиями порядка, пожарной безопасности, санитарных, технических и эстетических требований современного зодчества».

Кроме того, В. А. Соколовский указал на необходимость осуществления технического надзора за гражданскими сооружениями, относившимися ранее к земской управе и дорожно-строительному отделу переселенческого управления. К этим объектам, содержание которых и постройка новых проводились за счет земского сбора или переселенческого управле-

ния, относились: городские и участковые больницы, сельские лечебницы, фельдшерские пункты, народные школы, продовольственные пункты, этапно-ночлежные помещения, церкви и причтовые дома. Инженер высказал предложение принять строительные дела по этим объектам в отдел производства, но с тем, чтобы отдел ведал только чисто технической стороной, т. е. составлением проектов и смет, производством новых построек и ремонтом их, а также наблюдением за содержанием зданий в соответствии с требованиями техники. В отделе производства, как вспоминал в автобиографии В. А. Соколовский, «я развернул работы по проектированию, добыванию стройматериалов и производству строительных работ». Однако вскоре процесс социалистического строительства был прерван чешско-белогвардейским переворотом, в результате которого 18 июня 1918 года советская власть в Красноярске пала.

На переломном рубеже эпох выявилась зародившаяся в начале столетия идея о градостроительной роли Красноярска как будущего промышленного центра Сибири.

УДК 514.12;7.013

ОРНАМЕНТЫ КАК КОМПОЗИЦИОННЫЙ ПРИЕМ ПРИМЕНЕНИЯ СИММЕТРИИ В ДИЗАЙНЕ

В.А. Кастальская

Научный руководитель О.В. Голованова

Сибирский федеральный университет

Художественное применение приемов заполнения пространства, использованных в свое время М. Эшером, в последнее время часто встречается в дизайнерских проектах, инсталляциях и других произведениях искусства (см. рис. 1).

Сетчатый орнамент (или раппортный) – это регулярное разбиение плоскости набором правильных замкнутых фигур, образующих сетку, с ячейками определенной формы: ромб, квадрат, треугольник, параллелограмм. Это орнамент, мотив которого повторяется и по вертикали, и по горизонтали, бесконечен во всех направлениях (см. рис. 2).

В процессе изучения студентами Института архитектуры и дизайна Сибирского федерального университета специальностей «Архитектура» и «Дизайн архитектурной среды» принципов кристаллографии ими создается много интересных работ на тему сетчатого орнамента. Эти работы наглядно показывают приемы использования орнаментальных схем для по-

лучения интересных художественных композиций (см. рис. 2 и 3. Авторы работ: рис. 2: слева Жеман Екатерина гр. АФ09-11, справа Сунтеева Маргарита гр. АФ09-12; рис. 3: слева Москалева Анастасия гр. АФ09-12, справа Меркель Надежда гр. АФ09-41).



Рис. 1. Примеры заполнения пространства по технике Эшера в дизайнерских проектах

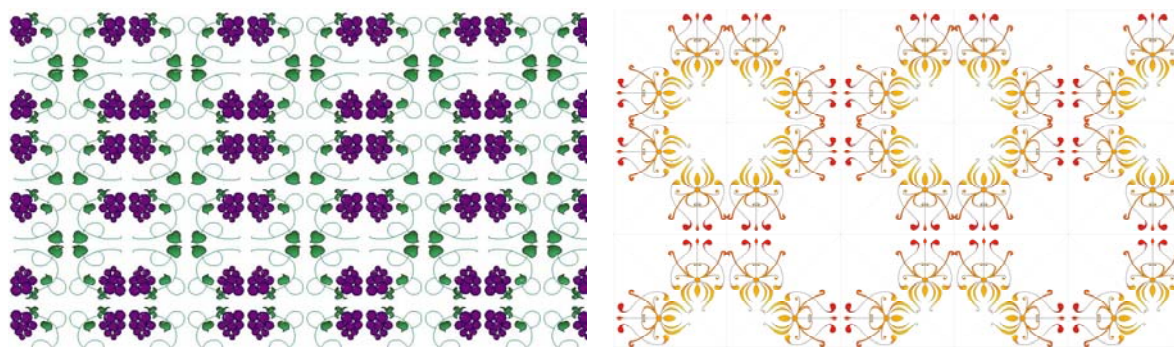


Рис. 2. Сетчатые орнаменты с разными мотивами

Опишем алгоритм построения сетчатых орнаментов, например, в системе автоматизированного проектирования Autodesk AutoCAD 2010.

- 1) Создаем любой исходный рисунок (мотив) (см. рис. 4).
- 2) Чертим геометрическую сетку (решетку) определенной кристаллографической группы (на отдельном слое).
- 3) Помещаем мотив внутрь сетки таким образом, чтобы он был вписан в ячейку сетки.
- 4) Действуем на мотив преобразованиями соответствующей кристаллографической группы, тем самым заполняя все ячейки сетки.
- 5) Можно заморозить слой, на котором находится сетка, чтобы увидеть орнамент без сетки.

Всего существует 17 двумерных кристаллографических групп, т. е. действующих на плоскости. Воспользуемся обозначениями этих групп, взятых из Международных таблиц рентгенокристаллографии. В табл. 1 на примере мотива  для некоторых из 17 типов орнаментов на плоскости

приведем построения с сеткой и без сетки. В качестве иллюстраций использовались работы студентки гр. АФ09-11 Шакировой Анны.

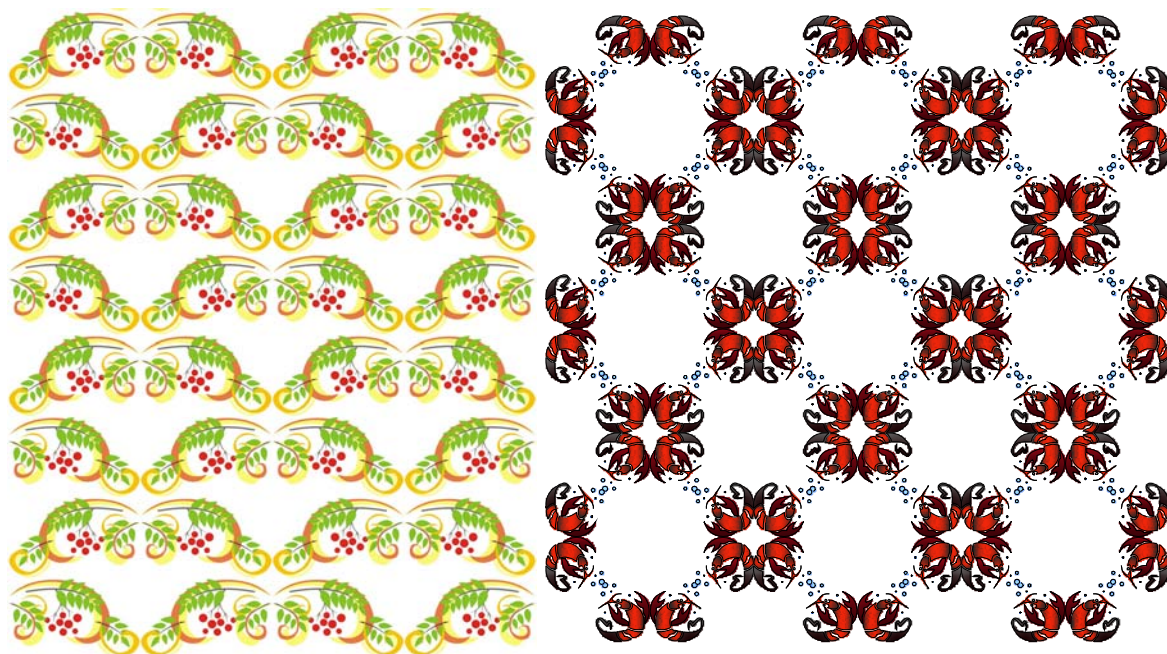


Рис. 3. Примеры студенческих работ на тему «сетчатые орнаменты»

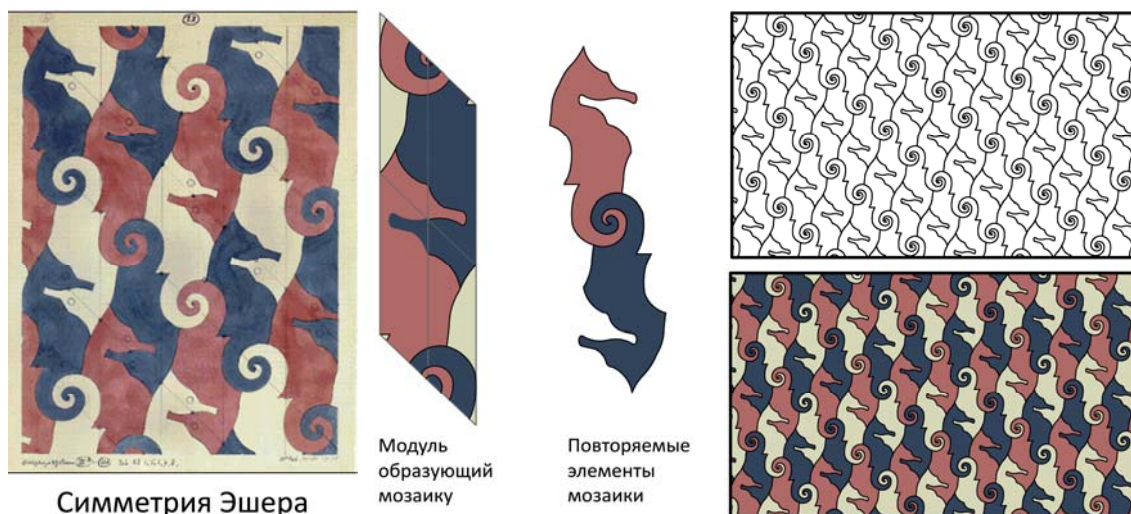
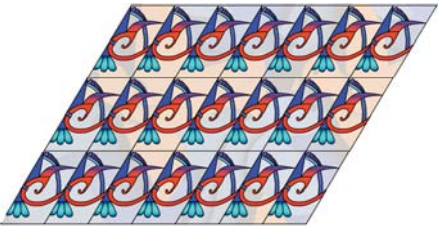
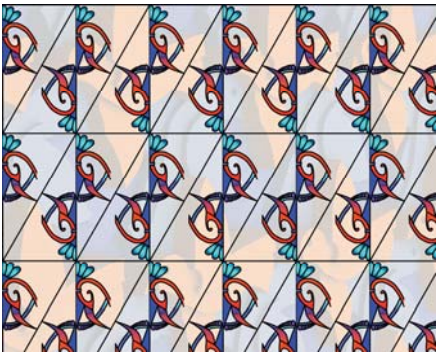
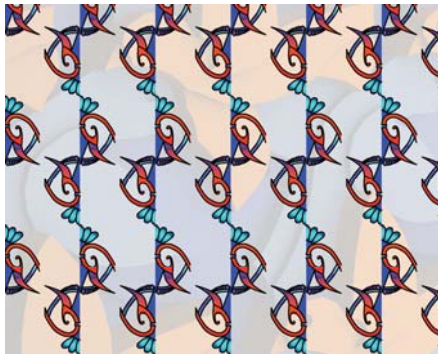
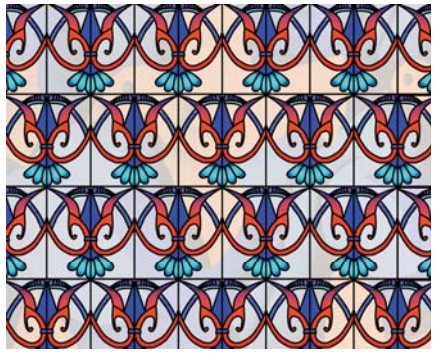
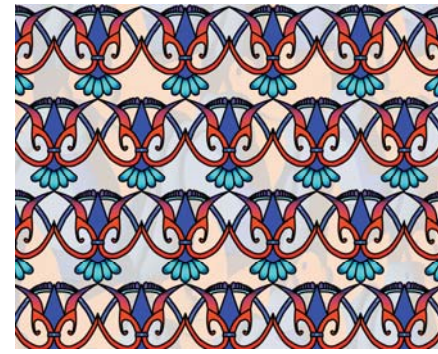
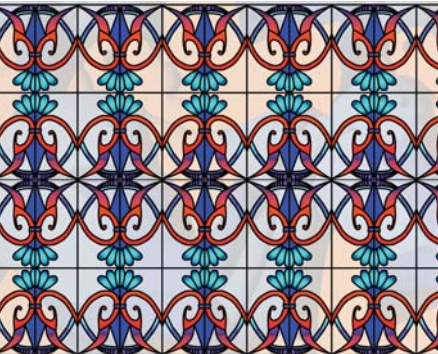
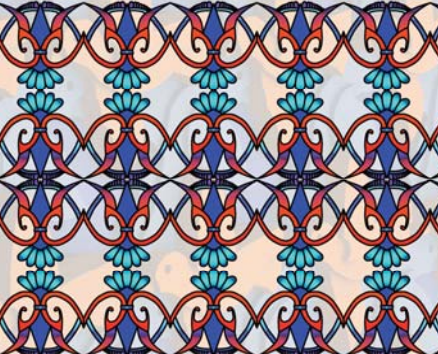


Рис. 4. Мозаика Эшера, построенная в программе AutoCAD по данному алгоритму

В этом году тема сетчатых орнаментов в работах Эшера была использована автором при создании учебного проекта интерьера студии швейного и кулинарного мастерства и центральной лестницы для детского дома в п. Березовка (см. рис. 5, 6). Интерьер студии швейного и кулинарного мастерства (см. рис. 5) делится на две функциональные зоны – зону швейной мастерской и зону приготовления блюд.

Таблица 1. Примеры построения сетчатых орнаментов

Обозначение и симметрии группы	Орнамент с сеткой	Орнамент без сетки
p1 – два параллельных переноса		
p2 – три центральные симметрии		
cm – осевая и скользящая симметрии с параллельными осями		
pm – симметрии относительно четырех сторон прямоугольника		

В швейной зоне центральная часть с общим рабочим столом на 7 персон предназначена для шитья и оборудована дополнительным выдвижным столом для раскроя ткани. Боковая часть швейной зоны, расположенная у окна, предназначена для вязания, а с другой стороны расположены открытые и закрытые места хранения. В швейной зоне расположено деко-

ративное покрытие-аппликация из фетра – «Морские коньки». Идеей создания такой мягкой стены послужила техника пэчворка – лоскутного шитья, отвечающая характеру основного объема помещения. А темой послужило изображение М. Эшера, выполненное в технике сетчатого орнамента, «Морские коньки». Зона кулинарного мастерства делится на две основные части. Одна из них предназначена для приготовления блюд, а вторая – для дегустации. На стене в этой зоне предполагается размещение будущих детских работ.



Рис. 5. Студия: слева – швейная зона, по центру – зона кулинарного мастерства, справа – декоративная панель по изображению М. Эшера «Морские коньки»

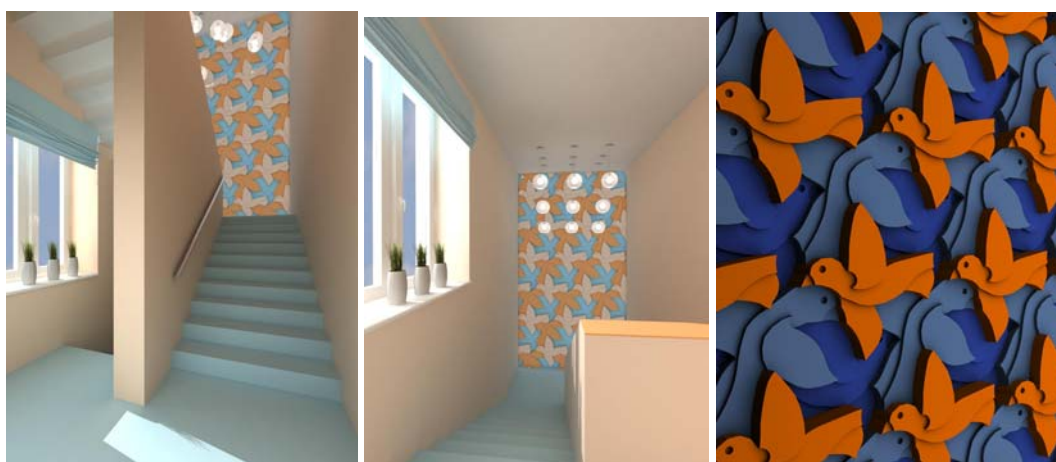


Рис. 6. Центральная лестница: слева и по центру – лестница, справа – декоративная панель по изображению М. Эшера «Голуби»

В интерьере центральной лестницы основной композиционной доминантой стала декоративная панель по изображению М. Эшера «Голуби», расположенная на межэтажной площадке. Общее цветовое решение декоративной панели и остального пространства служит объединению объема помещения в целое.

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА

УДК 621.391

АВТОНОМНАЯ СИНХРОНИЗАЦИЯ ОПОРНЫХ СТАНЦИЙ МОРСКОЙ РАДИОНАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

А.С. Ахметшин

Научный руководитель Е.В. Кузьмин

Сибирский федеральный университет

В морских радионавигационных системах с опорными станциями (ОС) наземного базирования требуется высокоточная синхронизация их шкал времени, для чего применяется аппаратура потребителей спутниковых радионавигационных систем (АП СРНС). Возможны случаи, когда по ряду причин нельзя синхронизировать ОС от АП СРНС. Тогда остро встает задача автономной синхронизации опорных станций. Необходимо оценить временное положение прихода сигнала от ведущей ОС с высокой точностью. На практике оценка временного положения сигнала реализуется в два этапа: поиск и слежение. Поиск – «грубое» измерение временного положения для обеспечения захвата сигнала по задержке системой временной синхронизации. Слежение – точное измерения временного положения и фазового сдвига.

В рассматриваемой морской радионавигационной системе применяется квазинепрерывный шумоподобный сигнал с минимальной частотной манипуляцией (ШПС-МЧМ) с большой базой, поэтому видимой сложностью разработки модуля поиска является реализация параллельной многоканальной корреляционной обработки. Чтобы обеспечить минимальные реализационные затраты можно воспользоваться последовательным поиском, но в этом случае не будет обеспечиваться малое время поиска.

Цель: разработка алгоритмов быстрого поиска ШПС-МЧМ методом согласованной фильтрации.

Интерес представляет то, что ОС неподвижны, поэтому задачу приема сигнала можно решить с помощью согласованного фильтра (СФ), порогового устройства и блока компенсации задержки. Ведущая ОС излучает сигнал, ведомые ОС принимают сигнал и должны обеспечить нахождение временного положения паузы, имеющейся в каждом цикле излучения ($T_{\text{ц}}$), скомпенсировать известную задержку на рас-

пространение и аппаратные задержки, после чего выдать сигнал разрешения на излучение.

Математическая модель ШПС-МЧМ в комплексной форме [1]:

$$\dot{s}_{\text{МЧМ}}(t) = AD(t)\dot{S}(t)\exp[j(2\pi f_0 t - \varphi_0)], \quad (1)$$

где A – амплитуда сигнала, $D(t)$ – информационный сигнал, f_0 – центральная частота, φ_0 – начальная фаза, $\dot{S}(t)$ – комплексная огибающая вида:

$$\dot{S}(t) = \exp[j\Theta(t)] = \cos \Theta(t) + j \sin \Theta(t) = I(t) + jQ(t), \quad (2)$$

$$\Theta(t) = \frac{\pi}{2T_0} \int_0^t d(t') dt', \quad (3)$$

$$d(t) = \sum_{i=0}^{N-1} d_i \text{rect}(t - iT), \quad (4)$$

где $\Theta(t)$ – функция, определяющая закон угловой модуляции; $d(t)$ – псевдослучайная последовательность (ПСП) длины N ; T – длительность элемента ПСП, $\text{rect}(t)$ – прямоугольный импульс единичной амплитуды и длительности T .

На рис. 1 представлены временные диаграммы формирования ШПС-МЧМ при $N = 63$.

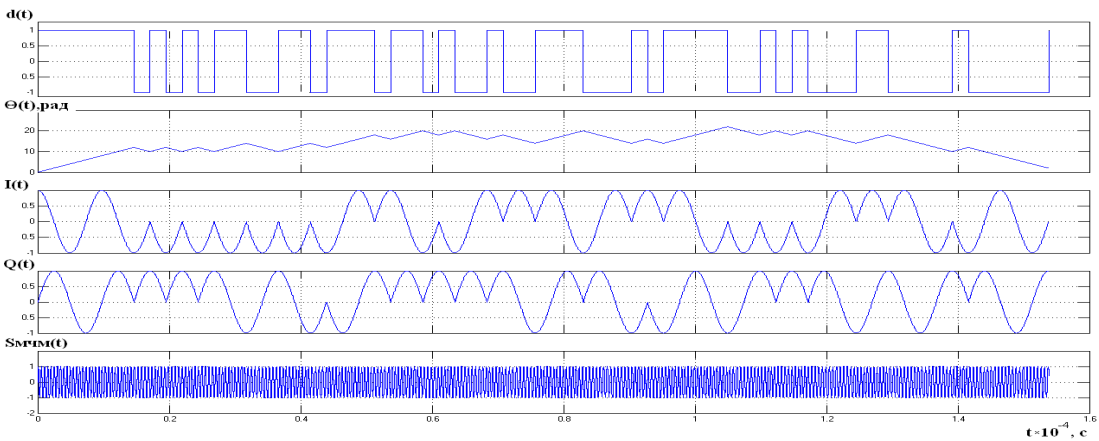


Рис. 1. Временные диаграммы формирования ШПС-МЧМ ($N = 63$)

При цифровой обработке ШПС-МЧМ необходимо выделить действительную $I(t)$ и мнимую $Q(t)$ составляющие комплексной огибающей, применив схему переноса спектра методом цифрового гетеродинирования. На рис. 2 введены следующие обозначения: АЦП – аналого-цифровой преобразователь, $\times$ – перемножитель, ЦФНЧ – цифровой фильтр нижних частот, $\downarrow 25$ – компрессор частоты дискретизации, ЦСФcos – цифровой согласованный фильтр для действительной составляющей комплексной оги-

бающей, ЦФsin – цифровой согласованный фильтр для мнимой составляющей комплексной огибающей, + – сумматор, $(\bullet)^2$ – блок возведения в квадрат, ПУ – пороговое устройство, П – порог, БПП – блок поиска паузы.

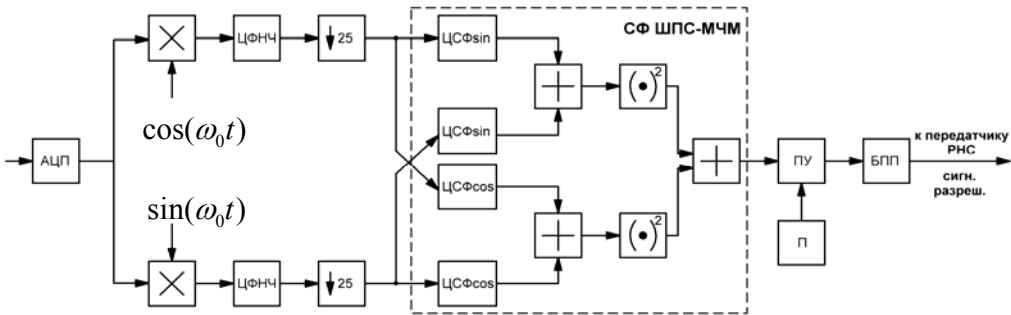


Рис. 2. Функциональная схема согласованного фильтра ШПС–МЧМ

Импульсная характеристика фильтра, согласованного с комплексной огибающей сигнала, определяется как [2]:

$$h_k(n) = S_k^*(N - 1 - n) = S(N - 1 - n)e^{-j\Theta(N-1-n)}. \tag{6}$$

Импульсной характеристикой фильтра, согласованного с действительной компонентой комплексной огибающей $I(t)$, является зеркальное отображение её отчетов, задержанных на период. Для фильтра, согласованного с мнимой составляющей комплексной огибающей $Q(t)$, аналогично. На рис. 3 представлена реализация согласованного фильтра ШПС–МЧМ в Xilinx System Generator for DSP и MatLAB (с оболочкой Simulink) [3].

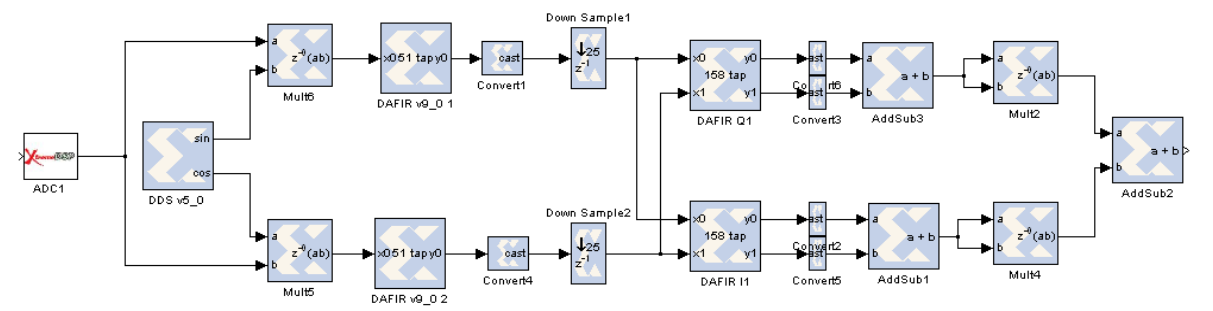


Рис. 3. Реализация согласованного фильтра ШПС-МЧМ

На рис. 4 приведены временные диаграммы работы ведущей ОС (рис. 4, а), выход СФ ШПС–МЧМ (рис. 4, б), сигнал излучения синхронизированной ОС (рис. 4, в).

Вывод: разработан и реализован согласованный фильтр ШПС–МЧМ (с манипулирующей ПСП длиной $N = 63$) на отладочной плате Xtreme DSP Development Kit-IV (ПЛИС Virtex4 xc4vsx35-10ff668).

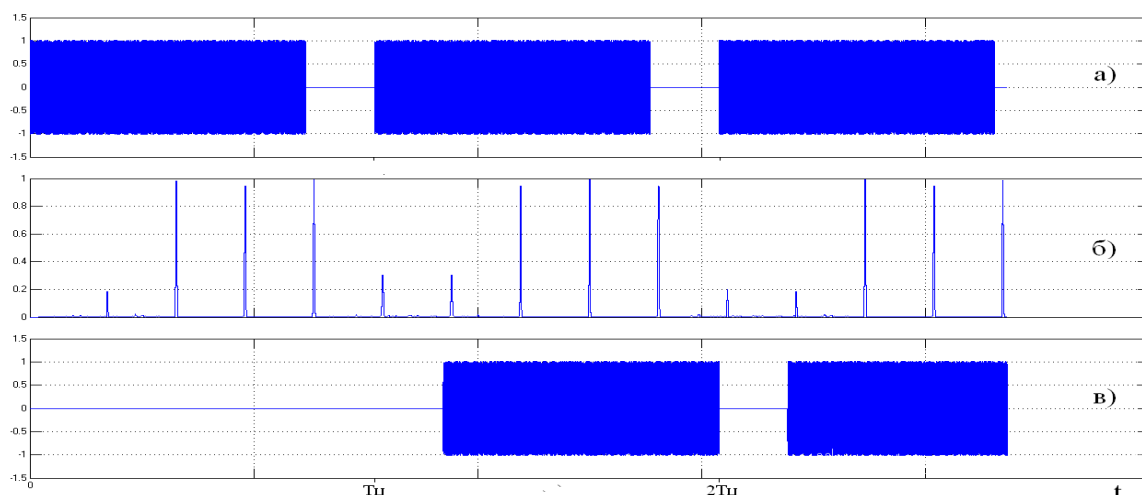


Рис. 4. Результаты эмуляции

Список литературы

1. Kuzmin E.V. Comparative Analysis of Phase-lock Control System Algorithms for Spread-spectrum Signal Receiver / Е.В. Кузьмин // Журнал Сибирского федерального университета. Серия «Техника и технологии». 2011. Том 4, №1. С.35-39.
2. Глинченко, А. С. Цифровая обработка сигналов [Текст]: учеб. пособие / А. С. Глинченко. 2-е изд., перераб. и доп. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2005.
3. DSP Design Using System Generator [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.xilinx.com/training/dsp/dsp-design-using-system-generator.htm>

УДК 621.396

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ВТОРИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ МНОГОПОЗИЦИОННОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КАНАЛА УГЛА МЕСТА

**А.Н. Борисов, В.А. Глинченко, А.А. Назаров,
Р.В. Исламов, П.В. Сучков**
Научный руководитель Н.П. Богомолов
Сибирский федеральный университет

Одним из эффективных направлений совершенствования как радиолокационного вооружения войск ПВО, так и гражданских систем является разработка и внедрение алгоритмов адаптации к неизвестной динамиче-

ской помеховой обстановке. Проведены исследования потенциальных возможностей обнаружения и измерения координат целей и постановщиков помех.

Целью является повышение точности определения координат цели в двухпозиционной радиолокационной системе с учетом требований вывода информации в сферической системе координат.

Поставленная цель достигается решением следующих задач:

1. Выявление специфики обработки радиолокационной информации в сферической системе координат.

2. Применение алгоритмов фильтрации Калмана в пассивной части многопозиционной радиолокационной системы.

3. Выявление особенностей обработки радиолокационной информации в условиях воздействия активных шумовых помех (АШП).

4. Исследование алгоритмов вторичной обработки информации при локации источника АШП.

1. Методы и устройства получения локационной информации при использовании собственного излучения цели.

В локации возникают задачи, когда цель является источником излучения. Основными источниками излучения, представляющими интерес с точки зрения решаемых в дисциплине задач, являются постановщики активных помех (ПАП). Принципиальное отличие методов получения локационной информации об излучающих источниках от других методов измерения координат состоит в отсутствии информации о времени излучения.

Поэтому для определения всех координат объекта требуется комплекс двух или нескольких разнесенных пунктов приема, соединенных каналами связи, т. е. пассивный МПРЛС. Определение местоположения целей по их собственным излучениям относят к пассивной локации.

Основные задачи пассивной локации совпадают с задачами активной локации (радиолокации). В зависимости от используемых первичных координат различают следующие методы пассивной локации для определения дальности до цели: угломерный, разностно-дальномерный, угломерно-разностно-дальномерный.

Более перспективным является метод определения координат – угломерно – разностно – дальномерный.

Угломерно – разностно-дальномерный метод основан на измерении угловых направлений на источник излучения, так и разности расстояний от него до приемных пунктов. В простейшем случае достаточно иметь два приемных пункта. Геометрия системы иллюстрируется на рис. 1, местоположение источника соответствует точке пересечения двух плоскостей и поверхности гиперболоида.

Дальность до цели от первичного пункта рассчитывается по измеренным координатам.

$$r_1 = \frac{b^2 - \Delta r^2}{2(b \cos \varepsilon \cos \beta - \Delta r)} \quad (1.1)$$

Дальность действия пассивных РЛС при резко контрастных объектах может превосходить дальность действия активных (излучающих) РЛС. Точности измерения угловых координат пассивными и активными РЛС примерно одинаковы, точность определения дальности у пассивных РЛС, как правило, значительно ниже.

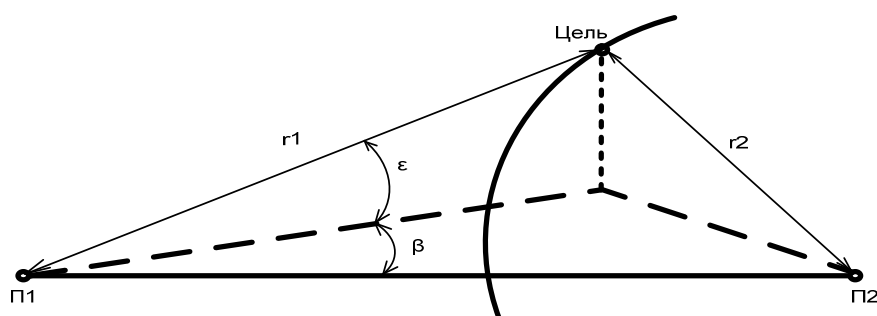


Рис. 1. Угломерноразностно-дальномерный метод локации: углы β и ε характеризует азимут и угол места источника излучения относительно первого пункта, Δr – разность расстояний от цели до пунктов приема

2. Имитационное моделирование алгоритмов вторичной обработки РЛИ в сферической системе координат. Исходными данными для математического моделирования являются: априорная (доопытная) матрица ошибок оценки параметров вектора состояния $C_{k/k-1}^{-1}$; координаты начала завязки траектории сопровождаемого объекта $(r_0, \beta_0, \varepsilon_0)$. На основе анализа допустимых параметров движения объекта и принятых в данной работе тактико-технических характеристик радиолокационных станций число шагов фильтрации k оценок координат объекта было выбрано равным 30. Формируется детерминированная траектория объекта в декартовой системе координат без учета шумов моделей движения и шумов измерения. С точки зрения механизмов формирования траектории движения сопровождаемого объекта необходимо отметить, что траекторию можно задавать с помощью математической модели, описывающей физическую модель движения материальной точки. В противном случае необходимо произвести эксперимент и создать траекторию движения на основе измерений координат объекта

После получения траектории движения объекта $f(x, y, z)$ в декартовой системе координат необходимо произвести переход от декартовых координат в сферические $f(r, \beta, \varepsilon)$. Реальная траектория движения цели в воздушном пространстве моделировалась путем добавления флуктуацион-

ных шумов модели движения цели в турбулентной атмосфере к невозмущенной траектории движения постановщика активных помех.

Далее необходимо рассчитать вектор первичных измерений, в который кроме шумов моделей движения необходимо добавить шумы модели измерения с дисперсиями, соответствующими дисперсиям потенциального оценивая первичных измерений $\sigma_r, \sigma_\beta, v_\varepsilon$. Закон распределения шумов измерения использовался типа гауссовского шума с нулевым средним значением.

Определяются начальные условия работы фильтра Калмана на первых шагах фильтрации. Следует подчеркнуть, что в реальных условиях работы радиолокационной станции отсутствуют априорные сведения о начальном значении вектора состояния лоцируемой цели. Логично вытекает из этого и то, что матрица дисперсий вектора состояния в начальный момент тоже не определена. После того как цель будет обнаружена, начальное значение вектора состояния сопровождаемой цели определяется по результатам измерений радиолокационной станции. На первом шаге измерения по полученным данным можно вычислить только координаты, поэтому для определения скорости их изменения необходимо получить еще хотя бы одно измерение координат сопровождаемой цели. Полный вектор состояния для структуры фильтра с упрощенным вектором состояния можно получить при наличии, как минимум, двух оценок вектора первичных измерений координат цели, полученных в разные моменты времени. Чтобы получить полный вектор состояния для структуры фильтра с расширенным вектором состояния, необходимо знать также ускорение, которое можно оценить как отношение разности оценок скоростей на текущем и предыдущем такте измерения к периоду поступления информации:

$$a_k = \frac{v_k - v_{k-1}}{T} \quad (2.1)$$

Результатом всех проделанных операций является вычисление оценки вектора состояния объекта и соответствующей ей корреляционной матрицы ошибок измерения согласно описанным алгоритмам калмановской фильтрации.

Для подтверждения эффективности применения синтезированных алгоритмов в РЛ-системах проведем количественный анализ результатов обработки координатной информации. Наиболее эффективным в данной ситуации является математическое моделирование, так как натурные эксперименты дороги и затруднительны на данной стадии разработки. Математическое моделирование проведено с использованием пакета прикладных программ Matlab.

Фильтрация оценок дальности в сферической системе координат. Наиболее важные результаты исследований заключаются в анализе

эффективности применения алгоритмов калмановской фильтрации в сферической системе координат с целью повышения точности оценивания координат сопровождаемого объекта.

Особенности работы фильтра Калмана в установившемся режиме и при сопровождении маневрирующего объекта. Как известно, установившийся режим работы фильтра Калмана наступает к 7-10 шагу фильтрации. Далее СКО оценивания не уменьшается. Это обусловлено матрицей дискретного маневра Q , которая задает полосу пропускания фильтра Калмана и, соответственно, нижний порог матричного коэффициента усиления. Если значение элементов матрицы Q задать слишком малым, то на интервале установившегося режима работы фильтра Калмана возможно наблюдать расходящийся процесс фильтрации. Величина полосы пропускания задается максимальным возможным ускорением и вероятностью маневрирования. В работе было проведено исследование, заключающееся в выборе параметра $a_{\max}$ для прямолинейного равномерного движения объекта, величина которого позволяет получить максимальные точностные характеристики фильтров сопровождения. Кроме высокой точности оценивания необходимо обеспечить высокую достоверность выдаваемых фильтрами оценок на различных направлениях. Поэтому была выбрана траектория равномерного прямолинейного движения вдоль координатной оси (кривая 2), изображенная на рис. 2, так как в данном направлении все сферические координаты имеют нелинейный характер изменения.

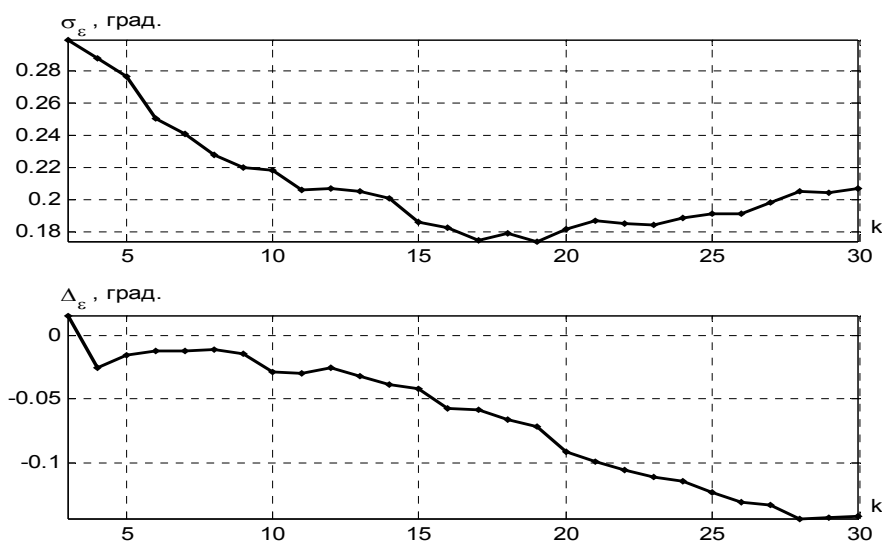


Рис. 2. Зависимость СКО σ_ϵ и ошибок оценивания координаты угла места Δ_ϵ от номера шага фильтрации k

На рис. 2 представлены зависимости СКО и ошибок оценивания при малых значениях параметра $a_{\max}$ матрицы дискретного маневра Q . Из анализа кривых следует, что после того как наступил установившийся режим

работы фильтра Калмана, происходит увеличение СКО и ошибок оценивания. Это объясняется тем, что слишком малое значение $a_{\max}$ соответствует малому значению матричного коэффициента усиления фильтра Калмана и алгоритм обработки, практически полностью доверяя своему прогнозу, не принимает во внимание текущего измерения, что и приводит к нежелательным последствиям.

2.3 Практическая реализация алгоритмов вторичной обработки при сопровождении неманеврирующего объекта. При рассмотрении особенностей построения фильтров сопровождения пространственных координат объекта в сферической системе координат, следует остановиться на детальном анализе следующих алгоритмов:

алгоритм сопровождения объекта на основе УФК-фильтра;

алгоритм сопровождения объекта на основе классического РФК-фильтра, содержащего в своей структуре матрицу динамического перехода B , представленную на рис. 3.

При проведении исследований полагали, что исходные данные для всех алгоритмов сопровождения одинаковые. Координаты начала траектории в декартовой системе координат соответствуют следующим значениям: $X_0 = 300$ км, $Y_0 = 300$ км, $Z_0 = 10$ км. Скорость движения объекта составляет 1000 км/ч. Ошибки первичных измерений составляют 300 метров для канала дальности и 30 минут для угловых координат. Оценить качество фильтрации и сходимость протекающих процессов можно по истечении 25-30 шагов фильтрации. Проведем исследование алгоритмов фильтрации оценок пространственных координат в сферической системе координат для бистатической РЛС при различных траекториях движения объекта. Главным критерием качества фильтрации является минимизация СКО оценок вектора состояния объекта от номера шага фильтрации k .

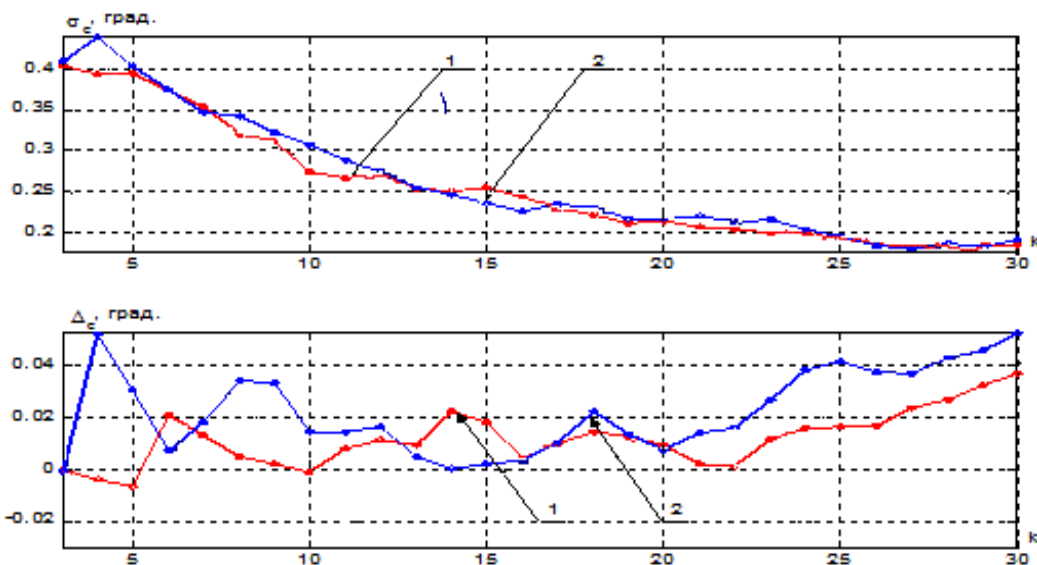


Рис. 3. Зависимость СКО σ_ϵ и ошибок оценивания угла места Δ_ϵ

На рис. 3 представлены зависимость СКО и ошибки оценок угла места от номера шага фильтрации k . Анализируя полученные результаты, можно отметить, что алгоритмы фильтрации оценок угла места с помощью УФК-фильтра (кривая 1), РФК-фильтра с использованием классической матрицы прогноза B (кривая 2), дают точностные характеристики. Средне-квадратическая ошибка к десятому шагу фильтрации уменьшается в 1,7 раз, а к двадцатому - в 2,2 раза. Ошибки оценивания угла места лоцируемого объекта для всех исследуемых алгоритмов сходятся к нулю, что говорит об устойчивой работе алгоритмов.

УДК 621.396

ЗАЩИТА РЛС ОТ ПАССИВНЫХ ПОМЕХ МЕТОДОМ МНОГОКАНАЛЬНОЙ ДОПЛЕРОВСКОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

М.С. Ковязин, А.А. Швабауэр
Научный руководитель Н.П. Богомолов
Сибирский федеральный университет

Исследованы алгоритмы обработки сигналов с помощью доплеровских фильтров. Разработано программное обеспечение имитационного моделирования для системы селекции движущихся целей при различном количестве импульсов в пачке, доплеровских фильтров и действии помех на разных скоростях.

Применение пассивных помех основано на использовании принципа вторичного излучения радиоволн. Пассивные помехи (ПП) для наземных РЛС создаются в настоящее время при помощи так называемых «ловушек» (ложных целей), надувных, уголковых и пассивных отражателей. Неорганизованные ПП возникают вследствие отражений от местных предметов, грозовых туч, дождя, снега. Отражения такого рода могут значительно сократить дальность действия РЛС или скрыть от наблюдения цели в зоне обнаружения. Поэтому повышение защищенности РЛС РТВ от ПП является одной из актуальных проблем теории и практики радиолокации.

В таких РЛС, как ЛИРА-1, П-37, защита от пассивных помех происходит с помощью устройств череспериодной компенсации. Благодаря применению метода защиты на основе доплеровских фильтров эффективность защиты от пассивных помех существенно возрастает.

Система дискретного преобразования Фурье отраженных эхосигналов предназначена для когерентного накопления в цифровой фор-

ме пачек импульсов отраженных от целей. Накопление производится путем разделения по доплеровским каналам полезных сигналов и пассивных помех и последующего накопления сигнала и компенсации помехи.

Для рассмотрения алгоритма обработки используем комплексное представление обрабатываемых сигналов. Комплексная амплитуда i -го импульса накапливаемой пачки может быть записана в виде,

$$U_i = U_i e^{j[(i-1)\phi_c + \phi_0]},$$

где i - номер импульса пачки; N - число импульсов в пачке (в рассматриваемом случае $N = 8$); U_i - амплитуда i -го импульса; ϕ_0 - начальная фаза первого отраженного импульса пачки; $\phi_c = F_{dc}T$ - регулярное межпериодное изменение фазы импульсов; F_{dc} - частота сигнала Доплера.

При когерентном суммировании сигналов все накапливаемые импульсы предварительно, путем соответствующего поворота по фазе, приводятся к одинаковой начальной фазе.

Оператор поворота вектора сигнала по фазе в n -м фильтре в i -м периоде повторения имеет вид $n = n2\pi/N$ - компенсирующий межпериодный сдвиг фазы сигналов в n -м фильтре; $n = 0, 1, 2 \dots N - 1$ - номер доплеровского фильтра.

Для упрощения последующих математических выражений (без потери общности рассмотрения) предположим, что $\phi_0 = 0$. Тогда процедуру и результат обработки сигналов в n -м фильтре, заключающиеся в компенсации междупериодных фазовых сдвигов сигналов, их накоплении (суммировании) и взятии модуля суммы, можно представить в виде

$$U_{вых.n} = \left| \sum_{i=1}^N U_i e^{j(i-1)\phi_c} e^{-j(i-1)\phi_n} \right|.$$

Выражение под знаком модуля совпадает, с учетом значений ϕ_n , с известным выражением дискретного преобразования Фурье, а значение $U_{вых.n}$ входит в него, как значение интенсивности n -й гармоники дискретного спектра пачки импульсов.

Для последующего вычисления дискретного преобразования Фурье найдем амплитудно-фазовую характеристику (АФХ) n -го фильтра, характеризующую зависимость амплитуды сигнала на входе фильтра от междупериодного сдвига фазы обрабатываемых импульсов.

С этой целью введем следующие допущения:

- амплитуда U_i всех импульсов постоянна;
- междупериодный сдвиг фаз ϕ_c изменяющимся в пределах от 180° до $+180^\circ$.

Нормированная АФХ n-го фильтра с учетом принятых допущений имеет вид:

$$K_n(\varphi_c - \varphi_n) = \frac{K(\varphi_c - \varphi_n)}{K(\varphi_n)} = \frac{\left| \sum_{i=1}^N U_i l^{j(i-1)\varphi_c} l^{-j(i-1)\varphi_n} \right|}{\left| \sum_{i=1}^N U_i l^{-j(i-1)\varphi_n} \right|} =$$

$$= \frac{1}{N} \left| \sum_{i=1}^N \frac{l^{j(i-1)\varphi_c - j(i-1)\varphi_n}}{l^{-j(i-1)\varphi_n}} \right| = \frac{1}{N} \frac{\left| \sin \frac{N}{2}(\varphi_c - \varphi_n) \right|}{\left| \sin \frac{1}{2}(\varphi_c - \varphi_n) \right|}.$$

При выводе (3.1.3) использовались следующие математические соотношения:

$$\left| l^{-j(i-1)\varphi_n} \right| = 1; \quad \cos^2(nx) + \sin^2(nx) = 1 \quad l^{jx} = \cos x + j \sin x; \quad \sin \frac{x}{2} = \pm \sqrt{\frac{1 - \cos x}{2}}.$$

А также выражение для суммы N членов геометрической прогрессии со знаменателем:

$$\beta = l^{j(\varphi_c - \varphi_n)},$$

$$S = \frac{(1 - \beta^N)}{(1 - \beta)}.$$

Для N=8 АФХ фильтра имеет вид

$$K_{nn}(\phi_c - \phi_n) = \frac{1}{8} \frac{\left| \sin 4(\phi_c - \phi_n) \right|}{\left| \sin \frac{1}{2}(\phi_c - \phi_n) \right|},$$

где ϕ_n принимает следующие значения: $\phi_n = -135^\circ, -90^\circ, -45^\circ, 0^\circ, +45^\circ, +90^\circ, +135^\circ, +180^\circ$.

Такая форма АФХ легко подтверждается посредством графического нахождения суммы векторов сигналов с различным междупериодным фазовым сдвигом (рис. 1)

Проанализируем алгоритм, например, для АФХ нулевого фильтра.

В фильтре суммируются импульсы пачки без предварительного изменения их фазы φ_c и без поворота вектора сигнала по фазе от периода к периоду.

При сложении сигналов с амплитудой U_c , не имеющих междупериодного сдвига фаз ($\varphi_c=0$), амплитуда выходного сигнала фильтра:

$$U_{\text{вых.0}} \Big|_{\varphi_c = 0} = 8U_c,$$

т. е. максимальна.

При наличии некоторого сдвига фаз $0<|\varphi_c|<45^\circ$ амплитуда выходного сигнала уменьшится по сравнению со случаем $\varphi_c=0$ тем сильнее, чем ближе $|\varphi_c|$ к 45° (рис. 1, б). При $|\varphi_c|=45^\circ$ сумма векторов восьми импульсов образует замкнутую фигуру (правильный восьмиугольник) и, следовательно:

$$U_{\text{вых.0}} \Big|_{\varphi_c = 45^\circ} = 0.$$

При $|\varphi_c|=90^\circ$ рис.(1 г) сумма векторов сигналов образует два накладываются друг на друга квадрата. Аналогичным образом можно убедиться в равенстве нулю суммы векторов сигналов при $|\varphi_c|=+135^\circ$ и 180° . При других значениях сдвигов фаз в окрестностях $|\varphi_c|=45^\circ, 90^\circ, 135^\circ, 180^\circ$ сумма векторов не образует замкнутую фигуру и поэтому не равна 0. Это свидетельствует о наличии у АФХ фильтра побочных максимумов. Их уровень у функций велик и составляет около 25 % /14дБ/. Очевидно АФХ других фильтров будут отличаться от АФХ нулевого фильтра только смещением по оси φ_0 рис.(3.1.1).

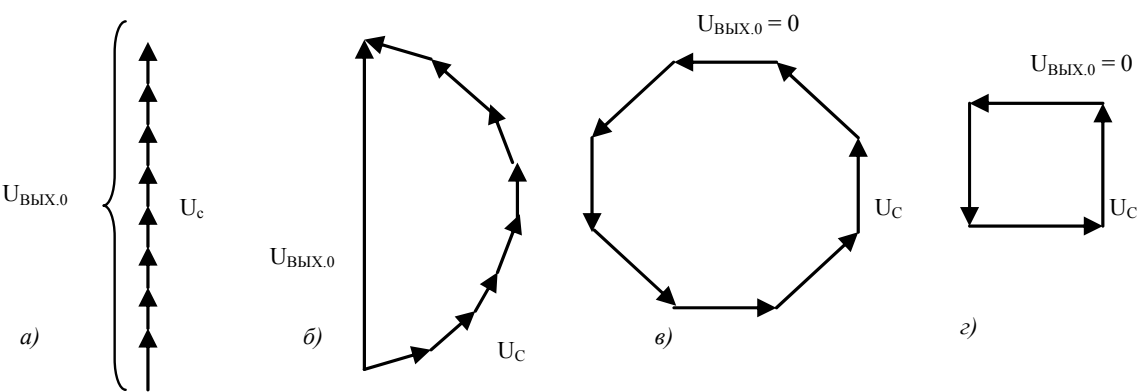


Рис. 1. Векторные диаграммы, иллюстрирующие принцип когерентного сложения сигналов в нулевом фильтре при: а) $\varphi_c = 0$; б) $0 < \varphi_c < 45^\circ$; в) $\varphi_c = 45^\circ$; г) $\varphi_c = 90^\circ$

Для упрощения последующих рассуждений перейдем к тригонометрической форме представления комплексных чисел:

$$U i \ell^{j(i-1)\varphi_c} = U i \cos(i-1)\varphi_c + j U i \sin(i-1)\varphi_c = X i + j Y i,$$

где

$$Xi = Ui \cos(i-1)\varphi_c, \quad Yi = Ui \sin(i-1)\varphi_c.$$

Действительные числа Xi и Yi в выражении представляют собой значения амплитуд и знаков видеоимпульсов пачки в i -ом периоде повторения на выходах, соответственно косинусного и синусного квадратурных каналов приемной системы.

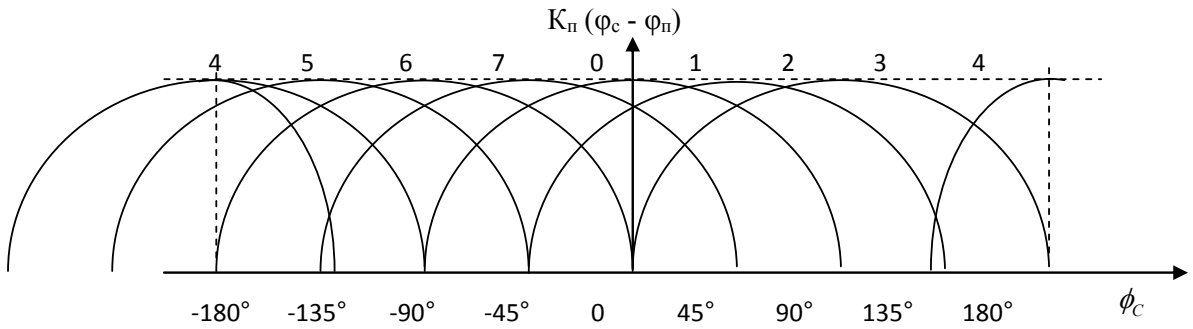


Рис. 2. Амплитудно-фазовые характеристики доплеровских фильтров

Аналогичным образом разложим на квадратурные составляющие и оператор поворота по фазе:

$$\ell^{-j(i-1)\varphi_n} = \cos(i-1)\varphi_n - j \sin(i-1)\varphi_n.$$

Получим зависимость амплитуды сигнала на выходе n -го фильтра от изменения фазы φ_c обрабатываемого сигнала:

$$\begin{aligned} U_{вых.n} &= \left| \sum_{i=1}^N [Xi + jYi] [\cos(i-1)\varphi_n - j \sin(i-1)\varphi_n] \right| = \\ &= \left| \sum_{i=1}^N [Xi \sin(i-1)\varphi_n + Yi \sin(i-1)\varphi_n] - j \sum_{i=1}^N [Xi \sin(i-1)\varphi_n - Yi \cos(i-1)\varphi_n] \right| = \\ &= |X_n - jY_n| = \sqrt{X_n^2 + Y_n^2} \end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned} X_n &= \sum_{i=1}^N [Xi \cos(i-1)\varphi_n + Yi \sin(i-1)\varphi_n] \\ Y_n &= \sum_{i=1}^N [Xi \sin(i-1)\varphi_n - Yi \cos(i-1)\varphi_n] \end{aligned}$$

– реальная и мнимая части накопленной суммы комплексных сигналов.

В соответствии с представленными выражениями обработка сигналов в n -м фильтре предусматривает: умножение сигналов квадратурных каналов на сглаживающие коэффициенты K_i и коэффициенты поворота сигналов по фазе $\cos(i-1)\varphi_n$ и $\sin(i-1)\varphi_n$; раздельное вычисление, квадратов реальной /действительной/ и мнимой части комплексной суммы и взятии ее модуля.

Коэффициенты поворота могут быть вычислены для каждого фильтра и импульса пачки и записаны в спецвычислитель, выполняющий операцию умножения.

На основе полученного алгоритма произведено моделирование данной системы.

Результаты моделирования представлены на рис. 3, 4.

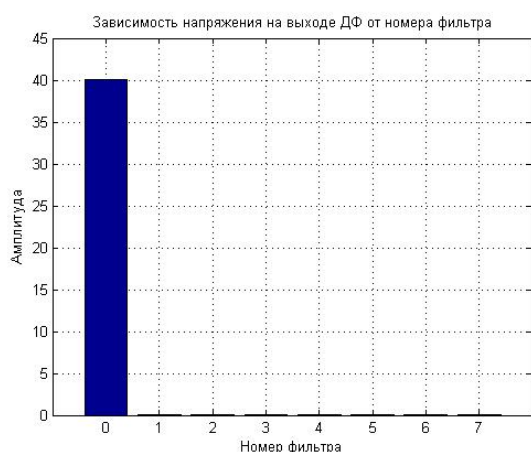


Рис. 3

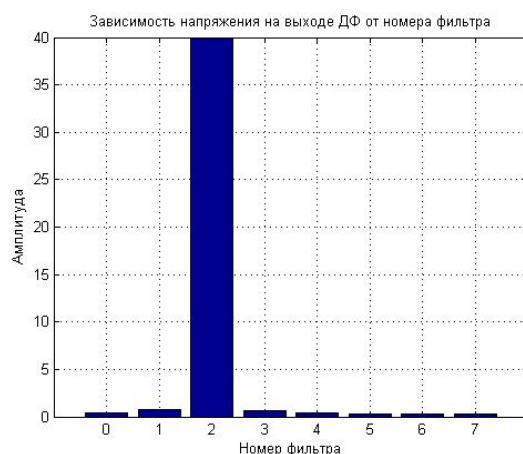


Рис. 4

УДК 621.3.091, 621.3.092

МЕТОДЫ ЧИСЛЕННОГО ИНТЕГРИРОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН НАД ПОВЕРХНОСТЬЮ ЗЕМЛИ

А.А. Сенченко

Научный руководитель Ю.П. Саломатов
Сибирский федеральный университет

Вопросы распространения радиоволн вдоль поверхности земли рассматриваются в большом количестве научных работ. Практическое применение полученных в них результатов сопряжено с вычислительными труд-

ностями. Главная проблема здесь заключается в большом объеме вычислений, который приходится проводить для определения поля хотя бы в одной точке. В связи с этим возникает необходимость разработки алгоритмов, способных проводить данные расчеты реальном масштабе времени.

Существует несколько основных методов расчета поля земной волны. Для трассы с произвольным распределением электрофизических параметров (диэлектрическая проницаемость и проводимость) можно использовать интегральное уравнение Хаффорда [1] либо Фейнберга [2, 3]. Если трассу можно разбить на конечное число электрически однородных участков, то используют интегральное уравнение Фейнберга для многокусочных трасс [3], а также другие методы, разработанные для многокусочных трасс.

Каждый из перечисленных выше методов содержит однотипный интеграл, который в общем виде может быть представлен как

$$I(D, x) = \int_0^x \frac{f(y, D-y)}{\sqrt{y(D-y)}} dy, x \leq D, \quad (1)$$

где $f(y, D-y)$ – функция, зависящая от метода расчета.

Этот интеграл имеет как минимум одну особую точку в начале интервала интегрирования. Так же, когда $x = D$, возникает вторая особая точка на конце участка интегрирования. Для вычисления данного интеграла можно воспользоваться различными численными методами [4]. При необходимости, для исключения особенности в начале участка интегрирования, можно воспользоваться заменой переменной $y = t^2$ (если имеется особенность на конце интервала интегрирования, то интеграл можно разбить на две части и во второй сделать замену $y = D - t^2$).

Рассмотрим случай, когда интеграл имеет только одну особенность в начале участка интегрирования. В этом случае, интеграл (1) можно представить одним из следующих способов, удобных для численного интегрирования:

$$I(D, x) = 2 \int_0^{\sqrt{h}} \frac{f(t^2, D-t^2)}{\sqrt{D-t^2}} dt + \int_h^x \frac{f(y, D-y)}{\sqrt{y(D-y)}} dy; \quad (2 \text{ а})$$

$$I(D, x) = 2 \int_0^{\sqrt{x}} \frac{f(t^2, D-t^2)}{\sqrt{D-t^2}} dt, \quad (2 \text{ б})$$

где h – длина первого участка, на котором интегрирование проводится с заменой переменной $y = t^2$. Обычно величину h принимают равной длине шага интегрирования. Для любого из представленных интегралов можно

применить одну из квадратурных формул, например формулу трапеций или Симпсона.

Для вычисления интеграла (1) можно попробовать воспользоваться и квадратурной формулой Эрмита [4]:

$$\int_{-1}^1 \frac{f_H(t)}{\sqrt{1-t^2}} dt \approx \frac{\pi}{N} \sum_{i=1}^N f_H(x_i), \quad x_i = \cos\left(\frac{2i-1}{2N} \pi\right), \quad (3)$$

где N – число узлов интегрирования. Интеграл (1) можно привести к (3), домножив и поделив на $\sqrt{x-y}$, а также сделав замену переменной $y = \frac{1}{2}x(1+t)$. Тогда $f_H(y)$ (без замены переменной) будет иметь вид

$$f_H(t) = f(y, D-y) \sqrt{\frac{x-y}{D-y}}. \quad (4)$$

Вычисление интеграла (1) можно провести еще одним способом. Для этого разделим участок интегрирования $y \in [0; x]$ на N отрезков длиной $h = x/N$ с координатами $x_i = h \cdot i, i = 0, 1, \dots, N$. На каждом из отрезков функцию $f_1(y) = f(y, D-y)$ аппроксимируем прямыми $a_i x + b_i$. Тогда интеграл (1) можно представить в виде суммы:

$$I(D, x) = \int_0^x \frac{f(y, D-y)}{\sqrt{y(D-y)}} dy \approx \sum_{i=1}^N \int_{x_{i-1}}^{x_i} \frac{a_i y + b_i}{\sqrt{y(D-y)}} dy. \quad (5)$$

Интеграл (5) под знаком суммы может быть вычислен аналитически:

$$\begin{aligned} & \int_{x_{i-1}}^{x_i} \frac{a_i y + b_i}{\sqrt{y(D-y)}} dy = \\ & = \left(a_i + \frac{b_i}{D} \right) [F_1(x_i, D) - F_1(x_{i-1}, D)] + \frac{b_i}{D} [F_2(x_i, D) - F_2(x_{i-1}, D)]; \end{aligned} \quad (6)$$

$$F_1(x, D) = -D \cdot \operatorname{arctg} \left(\sqrt{\frac{D-x}{x}} \right) - \sqrt{x(D-x)}; \quad (7)$$

$$F_2(x, D) = D \cdot \operatorname{arctg} \left(\sqrt{\frac{x}{D-x}} \right) + \sqrt{x(D-x)}. \quad (8)$$

Для оценки эффективности численных методов проведем расчеты функции ослабления на втором участке для двухкусочной трассы с параметрами первого участка $\varepsilon_1 = 4, \sigma_1 = 10^{-3}$ (суша) и второго $\varepsilon_1 = 80, \sigma_1 = 4$

(море) для частоты $f = 2$ МГц. Функцию ослабления вычисляли по формуле Фейнберга для второго участка трассы [3]. Вычисление интегралов будем проводить с использованием формулы трапеций, Симпсона, квадратурной формулы Эрмита и формулы (5). Результаты численных расчетов сведены в табл. 1.

Таблица 1. Сравнение методов численного интегрирования

Метод численного интегрирования	Интеграл	Число узлов	
		$x_1 = 10$ км, $D = 12,31$ км	$x_1 = 100$ км, $D = 123,1$ км
1	2	3	4
Метод трапеций	(2,а)	129	2898
Метод трапеций	(2,б)	14	97
Метод Симпсона	(2,а)	10	208
Метод Симпсона	(2,б)	6	30
Формула Эрмита	(3)	18	121
Формула (5)	(1)	389	19830
Формула (5)	(2,а)	177	5492

В таблице в третьем и четвертом столбцах приведено минимальное число узлов интегрирования, необходимое для вычисления функции ослабления, при условии, что ошибка по фазе в пересчёте на метры, составит не более 5 м. В таблице обозначено: x_1 – длина первого участка, D – длина всей трассы. Во втором столбце указано, какой вид интеграла использовался для численного интегрирования.

Из таблицы можно сделать вывод, что наилучшие результаты дает формула Симпсона при вычислении интеграла (2, б). Интересно отметить, что квадратурная формула Эрмита дает результаты хуже, чем формула Симпсона. Видимо это возникает из-за недостаточной гладкости функции $f_H(t)$, поскольку наилучшие по точности результаты она дает при $f_H(t) = \text{const}$.

При интегрировании по формуле (5) ожидалось увидеть меньшее число необходимых узлов интегрирования при одинаковой точности, чем для формулы трапеций. Как показывают расчеты, при одинаковом числе точек интегрирования, формула трапеций даёт более точные результаты (рис. 1). Однако при сравнении модулей функции ослабления при одинаковом числе точек формула (5) дает более точные результаты (рис. 2).

Использование формулы Симпсона, хоть и дает наилучшие результаты, но накладывает ограничение на число узлов, которое должно быть нечетным. Например, это ограничение не позволяет использовать только

формулу Симпсона для численного решения интегральных уравнений. Вместо этого её нужно комбинировать с какой-либо иной формулой, которая позволяет вычислять интеграл по четному числу точек.

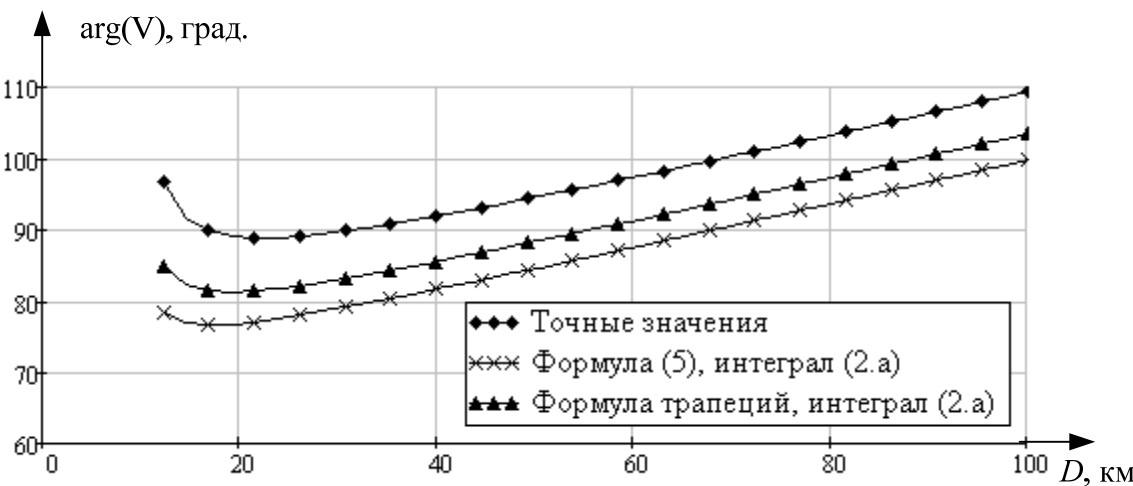


Рис. 1. Сравнение результатов расчета фазы функции ослабления при 129 узлах

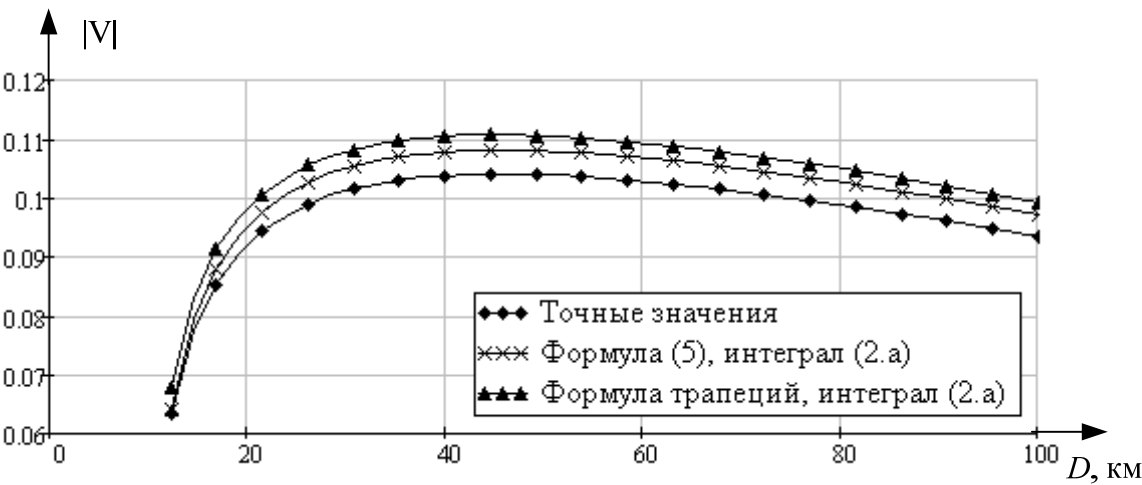


Рис. 2. Сравнение результатов расчета модуля функции ослабления при 129 узлах

Таким образом, из проведенного сравнения можно сделать вывод, что наиболее универсальной является формула трапеций особенно при вычислении интеграла (2, б). Если при вычислениях функции ослабления требуется знать более точно модуль функции ослабления, то можно использовать формулу (5). Некоторый выигрыш по числу узлов интегрирования в формуле (5), по-видимому, можно получить, если преобразовать её для интеграла (2, б). При нечетном числе узлов интегрирования следует использовать формулу Симпсона, поскольку она показывает наилучшие результаты. По возможности, для вычисления интеграла (1) следует использовать его форму (2, б), которая позволяет дополнительно уменьшить

число необходимых точек интегрирования. Применение этой формулы эквивалентно уменьшению шага в начале интервала интегрирования, где функция $f(y, D - y)$ меняется быстрее, и увеличению шага по мере приближения к концу интервала.

Список литературы

1. Hufford G.A. An Integral equation approach to the problem of wave propagation over on irregular surface. – Quart. Appl. Math., 1952, vol.9, p. 391-404.
2. Дембелов, М.Г. Метод численного решения обобщенного интегрального уравнения Фейнберга для геометрически и электрически неоднородных трасс. / М.Г Дембелов, Ю.Б. Башкуев // - Физика волновых процессов и радиотехнические системы. Т. 11, № 1, 2008 г. – 89-94 с.
3. Фейнберг, Е. Л. Распространение радиоволн вдоль Земной поверхности / Е. Л. Фейнберг – М.: Наука, 1999. – 496 с.
4. Вержбицкий, В.М. Основы численных методов: учебник для вузов /В.М. Вержбицкий. – М.: Высш. шк., 2002. – 840 с.

УДК 621.396.9

ОБЗОР СПОСОБОВ РАСШИРЕНИЯ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ПЕРСПЕКТИВНОЙ РАДИОНАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Я.И. Сенченко

Научный руководитель Е.В. Кузьмин

Сибирский федеральный университет

В настоящее время к перспективным наземным радионавигационным системам (РНС) предъявляют высокие требования доступности на больших расстояниях (не менее 1000 км) [1]. Поэтому одной из наиболее важных задач является расширение рабочей зоны РНС. Перспективные РНС, как правило, включают в себя одну или несколько цепочек опорных станций (ОС) и неограниченное количество приемоиндикаторов [2]. Приём сигналов от каждой из ОС осуществляется на фоне внутрисистемных помех, к которым относятся сигналы «мешающих» (ближайших) ОС по отношению к наиболее удаленным из них. В перспективных морских радионавигационных системах находят применение шумоподобные сигналы с минимальной частотной манипуляцией (ШПС-МЧМ). Использование ШПС позволяет реализовать скрытную, помехозащищённую радиосистему с кодовым разделением каналов. Кроме того, применение ШПС позволяет

совместить системы передачи информации и системы траекторных измерений [3].

Математическое описание шумоподобного сигнала с минимальной частотной манипуляцией можно представить в виде [4]:

$$s(t) = AD(t)[I(t)\cos(2\pi f_0 t) - Q(t)\sin(2\pi f_0 t)], \quad (1)$$

где A – амплитуда принимаемого сигнала; $D(t)$ – информационный сигнал, содержащий дифференциальные поправки к радионавигационным параметрам космических навигационных систем и служебную информацию (у каждой ОС сигнал $D(t)$ отличается), $D(t) = \pm 1$, $t \in [0; T_n]$; f_0 – центральная частота принимаемого сигнала; $I(t) = \cos \Theta(t)$ и $Q(t) = \sin \Theta(t)$ – косинусная и синусная квадратурные составляющие сигнала, $\Theta(t) = \frac{\pi}{2T} \int_0^t d(t') dt'$

– функция, определяющая закон угловой модуляции, $d(t) = \sum_{i=0}^{N-1} d_i \text{rect}(t - iT)$, d_i – псевдослучайная последовательность (ПСП) длины N , $\text{rect}(t)$ – прямоугольный импульс единичной амплитуды и длительности T , T – длительность символа ПСП; φ_0 – начальная фаза принимаемого сигнала; T_n – период повторения сигнала.

Одной из наиболее важных задач в наземных РНС является прием широкополосного навигационного сигнала на фоне мощных структурных помех. Математическую модель аддитивной смеси шумоподобного сигнала, структурной помехи и белого гауссовского шума представим в виде

$$y(t) = s(t - \tau_c) + \sum_{l=1}^L \gamma_l s_l(t - \tau_{cl}) + \xi(t), \quad (2)$$

где $s(t - \tau_c)$ и $s_l(t - \tau_{cl})$ – полезный сигнал и l -я структурная помеха, L – число структурных помех, $\gamma_l = \sqrt{P_{cl}/P_c}$ – отношение «структурная помеха/сигнал», P_c и P_{cl} – мощность сигнала и l -й структурной помехи соответственно, τ_c и τ_{cl} – задержка сигнала и l -й структурной помехи соответственно, $\xi(t)$ – аддитивный белый гауссовский шум.

Для расчета разности амплитуд сигналов ОС в рабочей зоне радионавигационной системы воспользуемся приближенной формулой для расчета ослабления сигналов в свободном пространстве [5]:

$$L(r) = 32,5 + 20(\lg r + \lg f_i), \quad (3)$$

где $L(r)$ – потери при распространении сигнала в свободном пространстве, в дБ, r – расстояние от передающей антенны до приемной, в км, f_i – сред-

няя частота спектра сигнала, в МГц. На рис. 1 и 2 показана зависимость потерь при распространении сигнала в свободном пространстве от расстояния между передающей и приемной антеннами для трех значений средних частот спектра сигнала РНС. Кривые 1, 2 и 3 соответствуют $f_i = i(\text{МГц}), i = \overline{1,3}$.

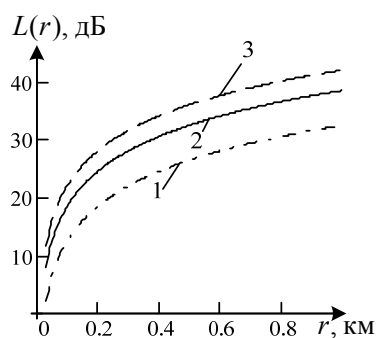


Рис. 1

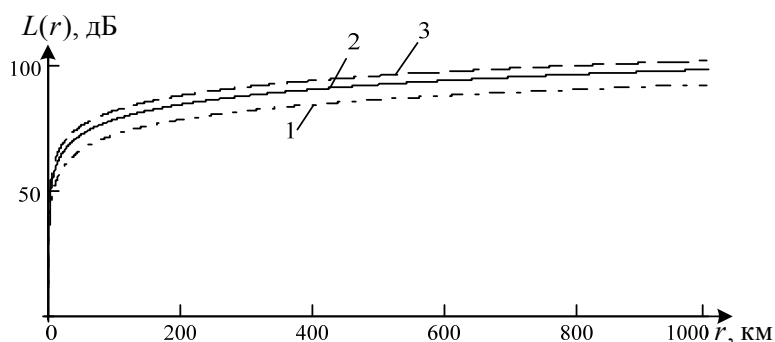


Рис. 2

Как видно из рис. 1 и 2, сигналы ОС, принимаемые в рабочей зоне, имеют существенную разницу амплитуд. А именно (для f_1): при удалении от опорной станции на 500 м затухание составляет $L(0,5) = 26,5$ дБ, при удалении на 600 км затухание составляет $L(600) = 88$ дБ, а при удалении на 1000 км $L(1000) = 92,5$ дБ. Таким образом, при нахождении приемопередатчика РНС на расстоянии $r_1 = 600$ км от одной из ОС и на расстоянии $r_2 = 0,5$ км от другой из ОС значение динамического диапазона составляет $D = (88 - 26,5)$ дБ = 61,5 дБ. При $r_1 = 0,5$ км, а $r_2 = 1000$ км значение динамического диапазона — $D = (92,5 - 26,5)$ дБ = 66 дБ. Следовательно, при построении современных радионавигационных систем параметры навигационных сигналов следует выбирать исходя из очень жестких требований по динамике сигналов ОС, так как значение динамического диапазона сигналов в современных радионавигационных системах не менее 70 дБ.

При приеме ШПС с дополнительно наложенным информационным сигналом существенно ухудшаются корреляционные свойства сигнала и, соответственно, уменьшается рабочая зона РНС. Уровень боковых лепестков взаимокорреляционной функции ШПС-МЧМ без наложения дополнительной информации определяется по формуле $d = 20 \lg(1/N) \approx 80$ дБ, а при наложении информации — $d = 20 \lg(1/\sqrt{N}) \approx 40$ дБ. Существует несколько способов расширения динамического диапазона приемопередатчиков перспективных РНС.

Первый способ заключается в увеличении длины ПСП. К недостаткам этого способа относится существенное усложнение приемопередатчика РНС и невозможность режима автономной работы наземной радионавига-

ционной системы, обусловленная сложностью быстрого поиска сигнала ОС.

Второй способ заключается в применении компенсаторов «мешающих» сигналов. Для эффективной компенсации сигналов «мешающих» ОС необходима высокоточная оценка сразу нескольких параметров, а именно: амплитуды, доплеровского сдвига частоты и информационного символа. Осуществление такого оценивания с высокой точностью представляется возможным лишь в лабораторных условиях. В реальных условиях неточность временной и фазовой синхронизации, наличие помех от других радиоэлектронных средств, а также значительное влияние среды распространения радиоволн и подстилающей поверхности (как правило, неоднородной) могут привести к невозможности точной компенсации сигналов «мешающих» ОС. Кроме того, в РНС, состоящих из нескольких цепочек опорных станций, возможна ситуация, когда приемоиндикатор должен обеспечить прием сигнала от наиболее удаленной из ОС на фоне сразу нескольких «мешающих» мощных сигналов. Таким образом, требуется точная оценка еще большего количества параметров, что существенно усложняет реализацию.

Третий способ заключается в применении режима кодовременного разделения (КВР) сигналов опорных станций высокоточной наземной РНС, входящей в интегрированную систему навигации. Режим КВР заключается в том, что в течение определенного периода работы ОС передается периодический ШПС-МЧМ без дополнительной цифровой модуляции ($D(t)=1$), а в течение другого периода работы – ШПС-МЧМ с цифровой модуляцией ($D(t)=\pm 1, t \in [0; T_n]$). Таким образом, решается проблема увеличения динамического диапазона РНС до двух раз, а именно: режим КВР в отличие от кодового разделения при длине псевдослучайной последовательности $N \approx 20000$ обеспечивает динамический диапазон РНС до 70 дБ. К недостаткам этого способа следует отнести потери в скорости передачи информации в 2 раза. На рис. 3 представлены некоторые из возможных вариантов реализации режима кодовременного разделения сигналов опорных станций.

Рис. 3, а соответствует случаю, когда в течение нечётных циклов работы ОС передается периодический ШПС-МЧМ без дополнительной цифровой модуляции: а в течение чётных циклов – ШПС-МЧМ с цифровой модуляцией. Рис. 3, б соответствует случаю, когда каждый цикл работы ОС разделен на две равные части, в первую из которых передается периодический ШПС-МЧМ без дополнительной цифровой модуляции, а во вторую – ШПС-МЧМ с цифровой модуляцией. Заштрихованная область на рис. 3 соответствует паузе в сигнале, причем у ведущей ОС пауза в конце каждого цикла, а у ведомых – в начале цикла.

Сравнительный анализ эффективности кодовременного разделения как способа расширения рабочей зоны РНС демонстрируется на примере системы фазовой синхронизации (СФС) 2-го порядка астатизма с параметрами, рассмотренными в [1].

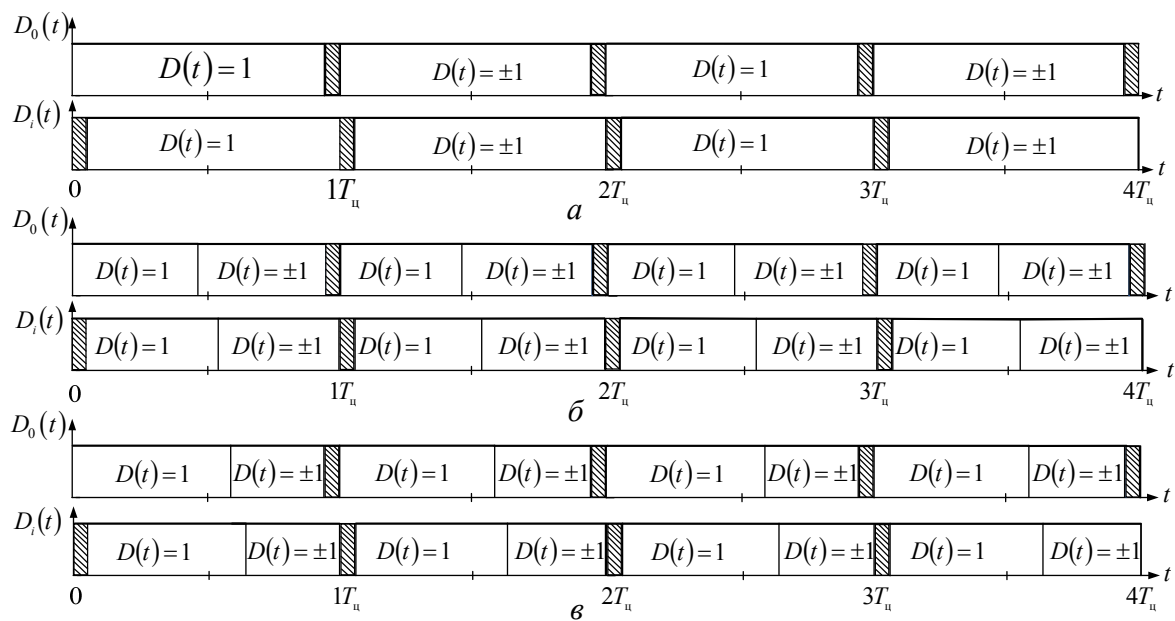


Рис. 3. Варианты реализации режима кодовременного разделения сигналов

На рис. 4 представлены результаты статистического моделирования нестационарной СФС с начальным значением шумовой полосы $F_{\text{шн}} = 0,5$ Гц и конечным значением $F_{\text{шк}} = 0,1$ Гц. Кривые 1 соответствуют случаю отсутствия дополнительной цифровой модуляции ($D(t) = 1$), кривые 2 - случаю кодовременного разделения сигналов, кривые 3 – случаю совмещенного канала передачи данных. Представленные на рис. 4 результаты моделирования СФС получены усреднением по $M = 500$ реализациям и соответствуют следующим условиям: отношение сигнал/шум $q = -40$ дБ; частотная расстройка $|F_{\text{д}}| = 0,2$ Гц, разница амплитуды принимаемого и «мешающего» сигналов $\gamma_l = 70$ дБ.

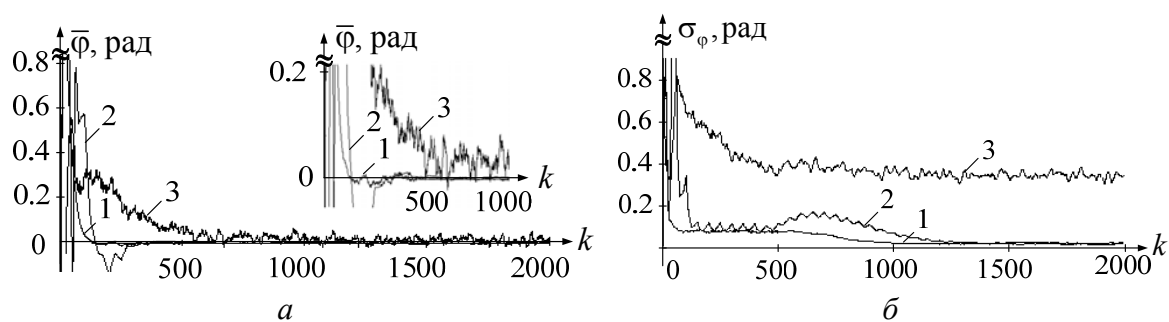


Рис. 4. Статистическая динамика нестационарной СФС 2-го порядка астатизма

В установившемся режиме для рассмотренных вариантов организации режима работы РНС среднее значение фазовой ошибки СФС $\bar{\varphi} \rightarrow 0$, при СКО значение фазовой ошибки $\sigma_{\varphi} \approx 0,05$ рад в случае отсутствия дополнительной цифровой модуляции и в режиме кодовременного разделения сигналов. Из рис. 4 видно, что для случая совмещенного канала передачи данных работоспособность СФС не обеспечивается. А в случае КВР СФС обеспечивает захват и слежение с ошибкой не более $\sigma_{\varphi} \leq 0,05$ рад.

Список литературы

1. Kuzmin E. V. Accelerated Phase-lock-loop Frequency Control Methods of User's Equipment in Perspective Radio Navigation Systems // (Журнал Сибирского федерального университета. Сер. Техника и технологии. Том 1, № 3. С. 276-286.)
2. Кокорин, В.И. Радионавигационные системы и устройства / В.И. Кокорин. – Красноярск: КГТУ, 2006. – 175 с.
3. Варакин, Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами/ Л.Е. Варакин. – М.: Радио и связь, 1985. – 384 с.
4. Кузьмин, Е.В. Методы равновесной обработки шумоподобных сигналов с минимальной частотной манипуляцией / Е.В. Кузьмин // Электронное издание «Журнал радиоэлектроники» РАН № 9, 2007 – Режим доступа: <http://jre.cplire.ru/jre/sep07/2/text.html>
5. Долуханов, М.П. Распространение радиоволн / М.П. Долуханов. – М., Связь, 1972. – 366 с.

НАЗЕМНЫЕ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И СИСТЕМЫ

УДК 513.2 + 531.3

СОЗДАНИЕ СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОРООБРАЗНОГО ДВИЖИТЕЛЯ

Д.В. Андриенко
Научный руководитель В.И. Емелин
Сибирский федеральный университет

Вопросы создания и совершенствования конструкций наземных вездеходных транспортных средств (ВТС) являются достаточно актуальным для обеспечения грузовых и пассажирских перевозок в труднодоступных районах. Специфика условий эксплуатации в этих районах, как правило, требует от ВТС, во-первых, повышенной надежности и проходимости, во-вторых, высоких экологических качеств (отсутствие переуплотнения или разрушения почвы и растительного покрова) и, наконец, приемлемых технико-экономических показателей. Для каждого вида опорной поверхности существует свой наиболее рациональный тип движителя. Как известно, движитель – это устройство для преобразования энергии в работу по созданию тяговых усилий, обеспечивающих перемещение транспортных средств в определенной среде. В качестве движителей на суше применяются колеса, гусеницы, шагающие, роторно-винтовые механизмы и т. д. При этом в наземных транспортных средствах движители, как правило, являются устройствами, выполняющими одновременно и функции опоры. В общем случае движители ВТС должны обеспечивать: высокую проходимость транспортного средства, приемлемый коэффициент полезного действия, рациональные условия взаимодействия с окружающей средой, надежность и простоту конструкции. Наиболее широкое распространение на вездеходных транспортных средствах нашли колесные и гусеничные движители. Эти движители известны достаточно давно и в процессе развития науки и техники систематически совершенствовались и продолжают совершенствоваться. Тем не менее, у них есть достаточно серьезный недостаток – большие давления на опорную поверхность, даже у пневмогусе-

ничных (0,02–0,03 МПа) и пневмоколесных (0,025–0,05 МПа) движителей сверхнизкого давления.

Начиная с середины XX века проводятся научно-исследовательские работы по созданию движителей нового типа в виде цилиндрических тороидов. Минимально низкое давление на опорную поверхность у такого движителя составляет 0,001–0,003 МПа, т. е. на порядок меньше известных колесных и гусеничных движителей. Это достигается за счет увеличенного пятна контакта (рис. 1).

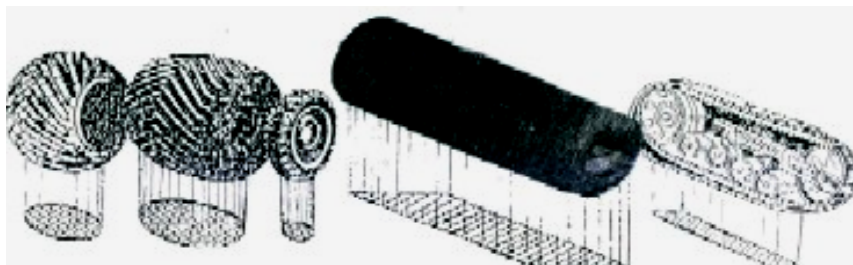


Рис. 1. Площадь контакта с опорной поверхностью разных типов движителей

Аналогичные давления на опорную поверхность 0,0012–0,0075 МПа создают только аппараты на воздушной подушке. При этом торовый движитель в отличие от воздушной подушки, не создает обладающую большой кинетической энергией струю подпорного воздуха и не препятствует нормальной вегетации растений во время цветения.

В связи с этим нами была поставлена задача построить вездеход с торообразным движителем. Эта задача была реализована в виде опытного экземпляра (рис. 2).



Рис. 2. модель вездехода с торообразным движителем

Работа торового движителя осуществляется следующим образом. При вращении барабана приводной ремень протягивается внутри тора, осуществляя, таким образом, его выворачивание и поступательное перемещение в противоположном от движения приводной ленты направлении. При этом ограничивающий валик не дает тору наползать на приводной барабан и заклинивать привод.

На рис. 3 приведена принципиальная схема конструкция торового движителя с приводом, которая состоит из: 1 – цилиндрического тора; 2 – приводного ремня; 3 – приводного барабана; 4 – ограничивающего валика

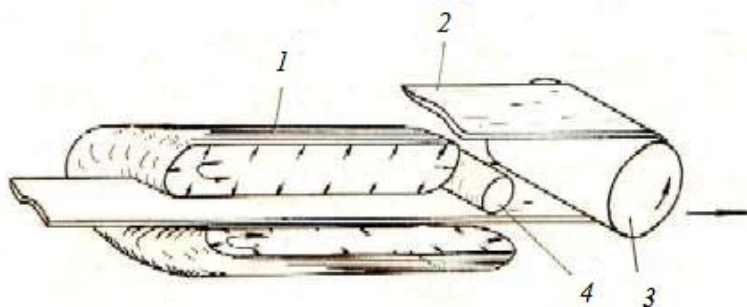


*Рис. 3. Конструкция торового движителя с приводом
1 – цилиндрический тор; 2 – приводной ремень; 3 – приводной барабан;
4 – ограничивающий валик*

В ходе работы над проектом был исследован процесс эксплуатации вездеходного транспорта. Показана принципиальная возможность реализации вездехода с торообразным движителем. Произведен информационный поиск технических решений, направленных на улучшение технологии. Были найдены аналоги в смежных областях науки и техники. В настоящее время ведется доработка, отладка, расширение возможностей и повышение надежности экспериментального образца модели вездехода. Следующим этапом будут испытания его на проходимость, тяговые и сцепные свойства.

УДК 62-82-52

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ СНЕЖНО-ЛЕДЯНОГО МАССИВА

П.В. Анкудинов

Научный руководитель В.П. Павлов

Сибирский федеральный университет

Теоретическая модель построена на основании проведения предварительных экспериментов по разрушению снежно-ледяного массива.

Экспериментальные исследования проводились с образцами снежно-ледяной среды. Испытуемые образцы добывались на проезжей части автомобильной дороги. Размеры блоков составляют 270x490x280 мм, их плотность – около 10 ударов плотномером ДорНИИ. Температура окружающей

среды при вырезании блоков составила $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Блоки были получены следующим образом. При проведении ремонтных работ одноковшовым экскаватором на проезжей части автомобильной дороги в результате разработки поверхности были образованы снежно-ледяные валуны, которые затем подготовлены по форме для проведения эксперимента.

Рабочий инструмент для проведения опытов представлял острый медный стержень диаметром 10 мм, что обеспечивало пятно контакта со средой в зоне разрушения 1 см^2 (рис. 1).

Другой рабочий орган представлял плоский широкий резец со стальным теплопроводом диаметром 4 мм.

При разрушении снежно-ледяного массива на поверхности проезжей части дороги рабочим оборудованием с нагревательным элементом происходит его движение с определенной скоростью и силой, действующей на разрушаемый массив с образованием объекта разрушения (рис. 2).



Рис. 1. Вариант рабочего органа для термо-механического разрушения снежно-ледяного покрытия автомобильной дороги

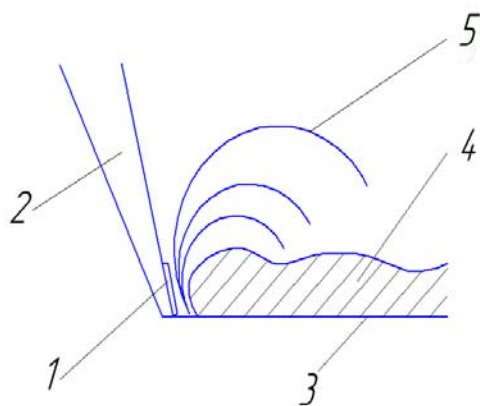


Рис. 2. Схема процесса резания (механический эквивалент) снежно-ледяного массива: 1 – участок нагрева; 2 – отвал; 3 – поверхность дороги; 4 – снежно-ледяное покрытие; 5 – элементы разрушения

При взаимодействии комбинированного рабочего оборудования со снежно-ледяным массивом происходит фазовый переход объекта разрушения из твердого состояния в газообразное с последующим разрушением впереди находящегося массива (рис. 3).

При взаимодействии комбинированного рабочего оборудования со снежно-ледяным массивом затрачивается два вида мощности: механическая, необходимая для разрушения рабочим оборудованием снежно-ледяного массива и тепловая, – для фазового превращения объекта разрушения и интенсификации процесса разрушения, в сумме обеспечивая работу A , необходимую для разрушения снежно-ледяного массива:

$$A = \int_0^t (N_M + N_T) dt,$$

где N_M – механическая мощность; N_T – тепловая мощность.

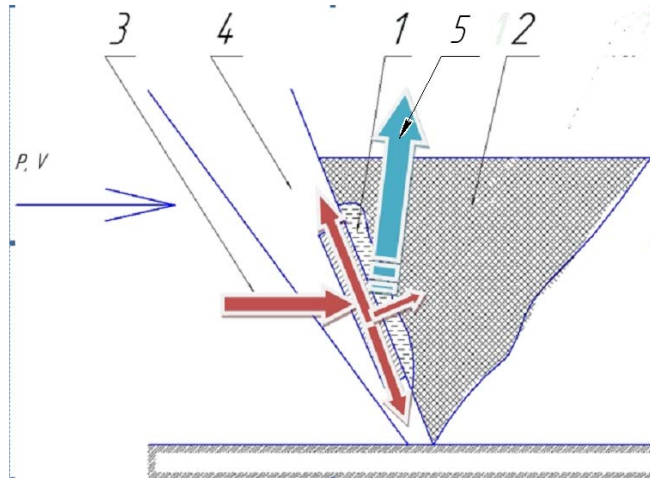


Рис. 3. Схема процесса термо-механического резания (термо-механический эквивалент): 1 – водяная прослойка; 2 – объект разрушения; 3 – подводимый поток тепла; 4 – поток тепла на нагрев инструмента; 5 – движение пара

Механическая мощность представляет собой произведение силы на скорость

$$N_M = V \cdot P.$$

Нагрев нагревательного элемента производится путем подвода к нему электроэнергии. Таким образом, тепловая мощность будет складываться из произведения силы тока на напряжение U . Для перевода кВт в ккал/час необходимо использовать равенство $1 \text{ кВт} = 862 \text{ ккал/ч}$:

$$N_T = I \cdot U.$$

Необходимо отметить то, что часть мощности передается не только на объект разрушения, но и на остальные элементы взаимодействия. Таким образом, тепловую мощность можно представить в виде суммы мощностей, распределяемых на нагрев окружающих элементов

$$N_T = N_{PO} + N_{нар} + N_{нагр.вод.} + N_{вод.}$$

где N_{PO} – мощность, затрачиваемая на нагрев рабочего инструмента; $N_{нар}$ – мощность, затрачиваемая на парообразование; $N_{нагр.вод.}$ – мощность, затрачиваемая на нагрев водяной прослойки; $N_{вод.}$ – мощность, необходимая для образования водяной прослойки.

Энергоемкость процесса представляет собой отношение затраченной работы A на объем V объекта разрушения:

$$E = \frac{A}{V}.$$

Для достижения минимизации энергоемкости необходимо обеспечить минимум затраченной работы при том же объеме объекта разрушения. Для этого необходимо обеспечить минимизацию водяной прослойки, т. е. уменьшение затрат мощности на образование и нагрев водяной прослойки при одновременном увеличении мощности на парообразование.

Уменьшение мощности на механическую работу достигается путем предварительного разрушения массива микровзрывами, образованными фазовым переходом массива в пар.

При проектировании рабочих органов, реализующих термомеханический способ разрушения снежно-ледяного массива, необходимо придерживаться необходимости обеспечения нужной мощности для парообразования, что может быть достигнуто путем надежной изоляции нагревательного элемента от остальных взаимодействующих элементов, а также применением более локальнонаправленных источников высоких температур при их низком энергопотреблении.

УДК 62–23

ОХЛАЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА С ПОМОЩЬЮ ИСПАРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ

П.К. Несмачный
Научный руководитель Г.С. Гришко
Сибирский федеральный университет

Объемный гидропривод представляет собой своего рода гидравлическую вставку между приводным двигателем и нагрузкой и выполняет те же функции, что и механическая передача.

Одним из основных недостатков объемного гидропривода является нагрев рабочей жидкости, что приводит к уменьшению ее вязкости и увеличению утечек, поэтому в ряде случаев необходимо применение специальных охлаждающих устройств и средств тепловой защиты

Чаще всего для охлаждения рабочей жидкости предпринимают следующие меры:

- увеличение объёма гидробака, что дает увеличение массы и габаритных размеров, низкая эффективность охлаждения;

- использование теплообменных устройств (радиаторов), которые понижают давление в гидросистеме. Этот способ имеет малую надёжность, так как часто выявляются утечки рабочей жидкости через соединительные трубки и в местах спайки радиатора.

Таким образом, на сегодняшний день в системах гидравлического привода не существует охлаждающих устройств, которые бы исключали возможность появления вышеперечисленных недостатков.

Наиболее рациональным и эффективным способом является использование в качестве охлаждающего устройства тепловой трубки, принцип работы которой основан на том, что в закрытых трубках из теплопроводящего металла (например, меди) находится легкоиспаряющаяся жидкость. Перенос тепла происходит за счёт того, что жидкость испаряется на горячем конце трубки, поглощая теплоту испарения, и конденсируется на холодном, а затем снова перетекает на горячий конец.

Преимущества тепловых трубок перед традиционными способами охлаждения рабочей жидкости гидропривода:

- минимизация размеров и массы гидробака;
- высокая эффективность охлаждения;
- стабильная работа системы, поскольку теплотрубка работает при постоянной температуре и не влияет на значение давления внутри гидросистемы;
- высокая надёжность.

Предлагаемое направление развития систем охлаждения гидравлического привода является перспективным и требует проведения дополнительных исследований с целью поиска оптимальных конструктивных решений, материалов, режимов и условий работы.

УДК 735.29.(32)

МАЛОГАБАРИТНОЕ ДВУХСРЕДНОЕ ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО (КВАДРОЦИКЛ-СНЕГОХОД) КС-350

Д.Л. Окладников, А.В. Ковалев, Е.Г. Райков
Научный руководитель В.А. Зеер
Сибирский федеральный университет

В современном мире высокие темпы урбанизации населения вызывают потребность в активном отдыхе и туризме, где часто применяются

различные виды автотехники, большую долю которых составляют транспортные средства особо малого класса (квадроциклы).

По экспертным оценкам в Красноярском крае резко возрастает спрос на квадроциклы, снегоходы и гидроциклы. За последние годы число приобретаемых единиц такого рода техники возросло на 40-70 %.

К тому же малогабаритные транспортные средства (ТС) находят широкое применение в различных отраслях народного хозяйства (лесное, сельское, геологоразведка др.). Например, утилитарные квадроциклы – прекрасная альтернатива мини-тракторам, они могут работать с различными видами навесного оборудования.

На сегодняшний день можно выделить три основных типа квадроциклов: спортивные, утилитарные и туристические. Утилитарные квадроциклы предназначены для применения в хозяйстве и развлекательных прогулок. Их отличительные особенности: трансмиссия преимущественно вариаторная, реже встречаются механические (ступенчатые) коробки переключения передач (КПП), наличие фаркопа. Спортивные квадроциклы имеют механическую КПП в основном с цепной передачей, задний привод колес. Сфера их применения – спорт и развлечения. Туристические квадроциклы оснащаются карданной передачей, лебедкой.

Среди снегоходов выделяют четыре основных типа: спортивный, горный, утилитарный и туристический. Их особенности: горные имеют удлиненную базу, основное назначение – преодоление крутых подъемов; спортивные – наибольшую максимальную скорость, назначение – гонки на подготовленных трассах; утилитарные – большую грузоподъемность и дополнительные бардачки, основное назначение – перевозка грузов и людей; у туристических имеется подогрев сидений и руля, предназначены для туристических прогулок.

Анализируя характеристики утилитарных снегоходов и квадроциклов, были выявлены сходства в конструкциях основных узлов и агрегатов (ДВС, рама, трансмиссия и т. д.). Поэтому появилась идея спроектировать двухсреднее транспортное средство особо малого класса, что позволит повысить конкурентоспособность таких машин и уменьшить затрачиваемые средства на их приобретение.

В качестве энергетической установки для проектируемого ТС был выбран силовой агрегат ИЖ-Ю5, который обладает небольшими массогабаритными размерами, высокой надежностью, экономичностью и необходимым диапазоном передаточных чисел коробки переключения передач (моторная передача – 2,17; I-3,17; II-1,71; III-1,26; IV-1,0). Внешняя скоростная характеристика двигателя представлена на рис. 1.

Несущая система – пространственная, из труб различного сечения, обладающая высокой крутильной жесткостью при малых массогабаритных параметрах.

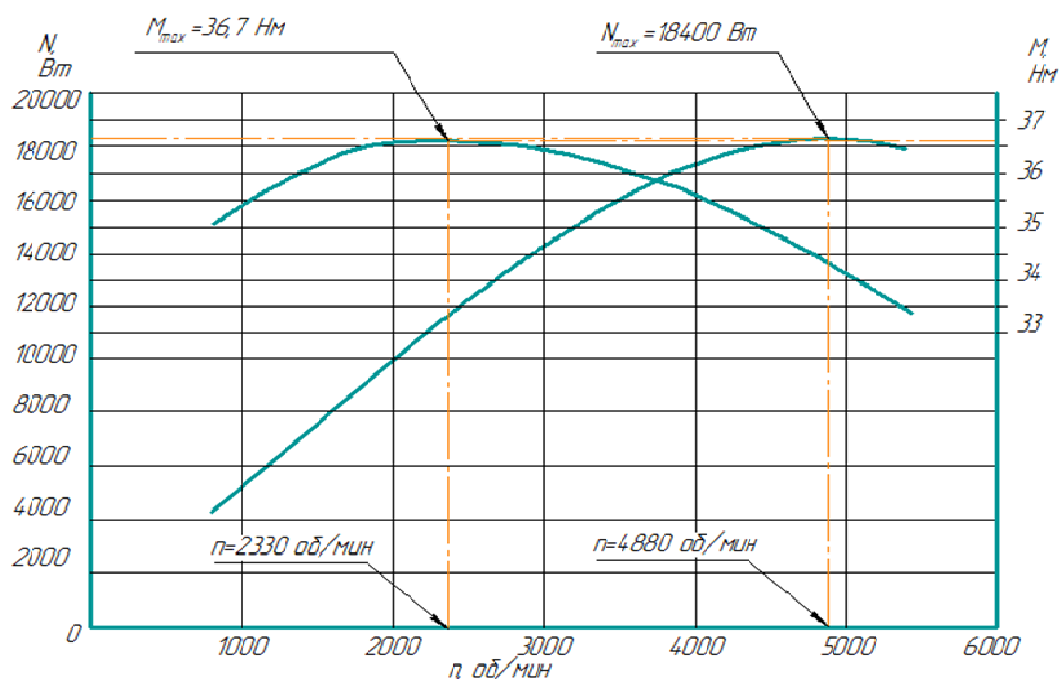


Рис. 1. Внешняя скоростная характеристика двигателя

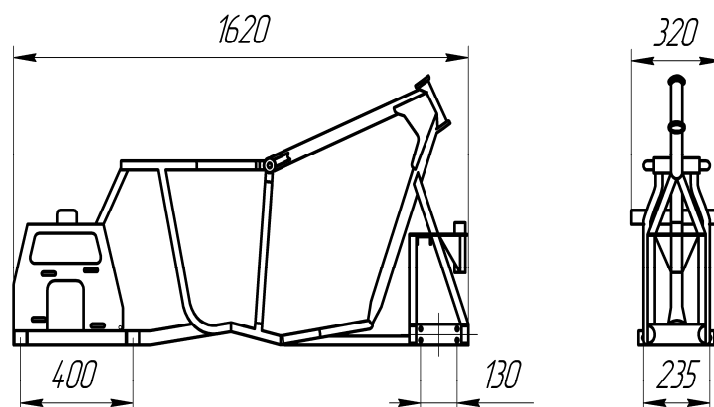


Рис. 2. Рама проектируемого ТС

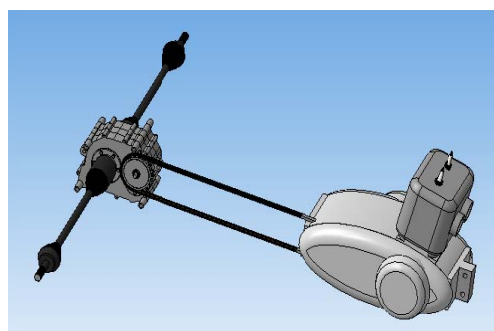
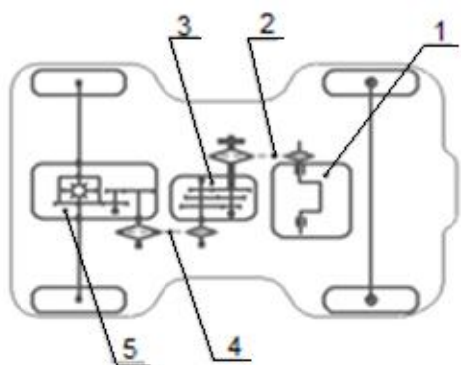


Рис. 3. Схема трансмиссии проектируемого ТС:

1 – ДВС, 2 – моторная передача, 3 – МКПП, 4 – цепная передача, 5 – реверс-редуктор

В результате анализа, существующих трансмиссий утилитарных ТС малого класса, было решено применить механическую с цепной передачей и приводом только на задние колеса. Передаточные числа агрегатов трансмиссии: моторная передача – 2,17; цепная – 1,0; реверс-редуктор – 2,136. Схема и общий вид трансмиссии проектируемого ТС представлены на рис. 3.

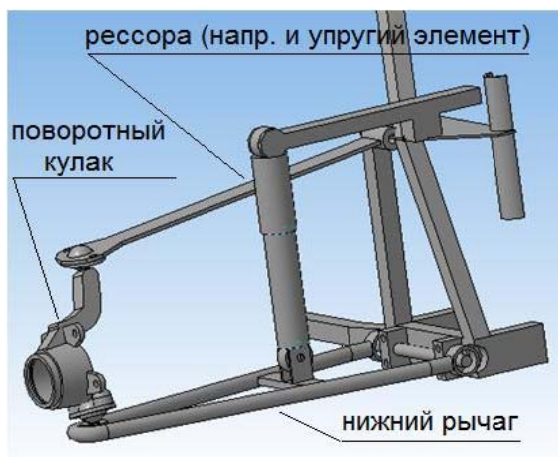
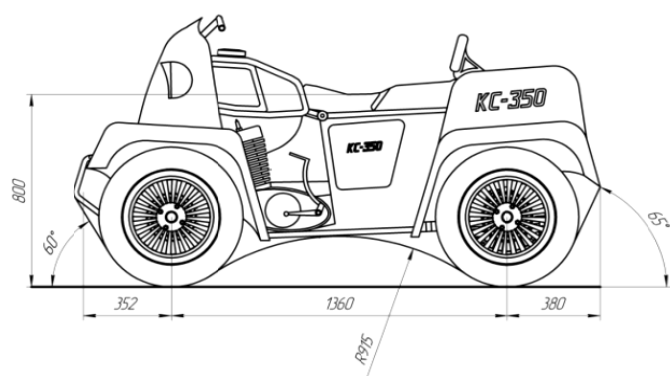
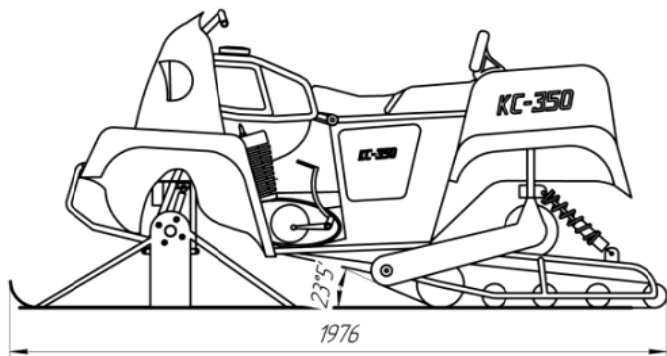
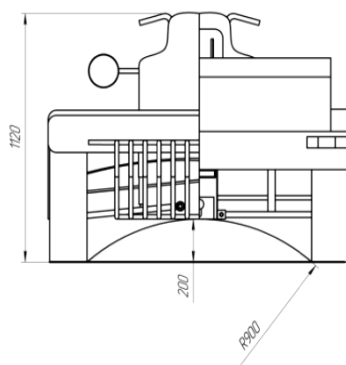


Рис. 4. Модель передней подвески проектируемого ТС



а



б

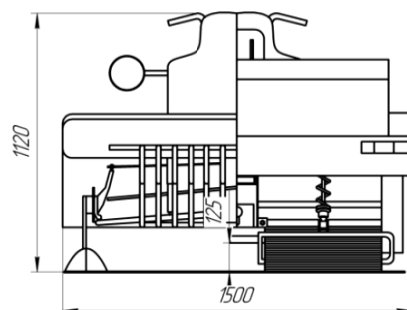
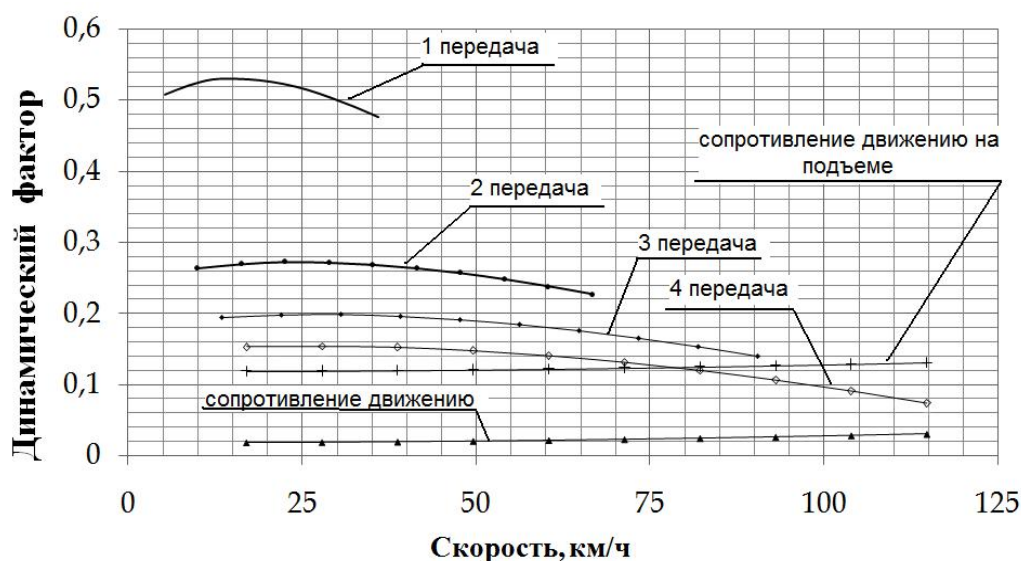


Рис. 5. Общий вид KC-350: а – режим квадроцикла, б – режим снегохода

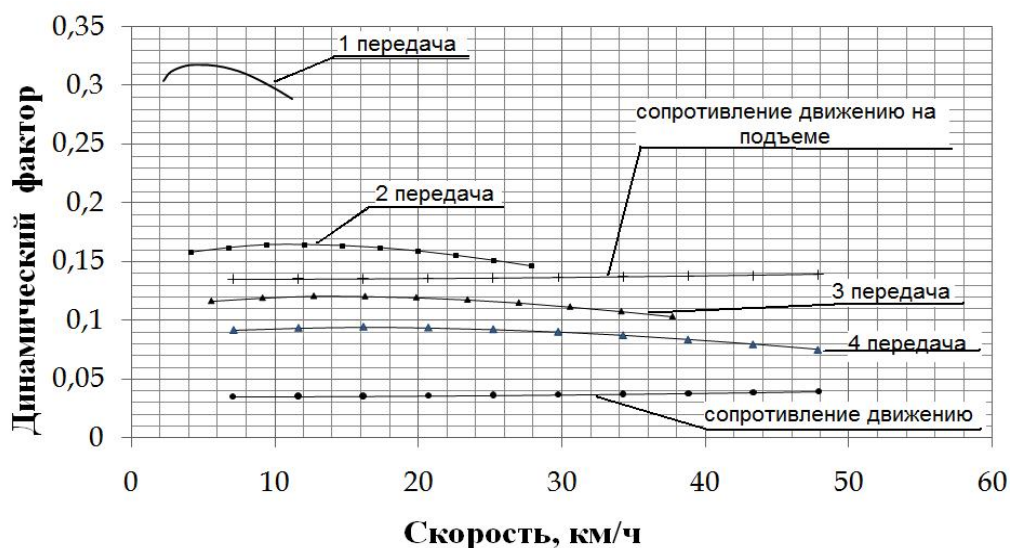
Тип задней и передней подвесок КС-350 – двухрычажная на поперечных рычагах. Отличительной особенностью подвески проектируемого ТС (рис. 4) является применение рессоры одновременно как упругого и направляющего элемента, что положительно сказывается на ее массе, компактности и кинематике. В режиме снегохода задняя подвеска видоизменяется.

Общий вид проектируемого ТС в режимах квадроцикла и снегохода представлен на рис. 5.

Основные динамические характеристики проектируемого ТС в режиме квадроцикла и снегохода представлены на рис. 6.



а



б

Рис. 6. Динамическая характеристика проектируемого ТС:
а – в режиме квадроцикла, б – в режиме снегохода

Результаты расчетов показывают, что максимальная скорость ТС в режиме квадроцикла на прямолинейной, асфальтобетонной дороге 120 км/ч. Максимальная скорость ТС в режиме снегохода – 48 км/ч.

В целом преимуществами проектируемого ТС являются: применение в конструкции оригинальных решений, позволяющих унифицировать назначение узлов и агрегатов, что уменьшает затраты на его изготовление; возможность использования в 2-х режимах (квадроцикла и снегохода), что уменьшает затраты на приобретение техники и ее эксплуатацию; собран на отечественных комплектующих, что повышает его себестоимость и ремонтопригодность.

УДК 629.113.004.67

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА ИЗМЕНЕНИЕ КРОЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ХЛОРИСТОГО ЭЛЕКТРОЛИТА ЖЕЛЕЗНЕНИЯ

А.В. Стыврин

Научный руководитель Ю.И. Ковалев

Сибирский федеральный университет

В процессе электроосаждения металлов на изделие осадок наносимого металла распределяется на его поверхности неравномерно, если оно имеет сложную форму. Иногда в глубоких отверстиях покрытие не осаждается совсем[1].

Возможность осаждения покрытий по всей поверхности катода характеризуется кроющей способностью электролита, которая зависит от следующих факторов: электропроводности электролита, режима нанесения покрытия, состава электролита, а также от геометрических факторов, определяющих рельеф поверхности [2].

Цель изучение кроющей способности электролита и влияния на нее различных факторов.

Задача – исследование влияния температуры электролита и концентрации хлористого железа $[\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$ на кроющую способность. Исследование влияния кроющую способность.

Методика проведения эксперимента. Определение кроющей способности производилось при помощи метода углового катода на установке, изображенной на рис. 1. Перед нанесением покрытия угловой катод зачищался наждачной бумагой, обезжиривался венской известью, промывал-

ся проточной водой, затем проводилась анодная обработка ($D_a=30 \text{ А/дм}^2$) и образец помещался в электролит железнения ($D_k=10 \text{ А/дм}^2$).

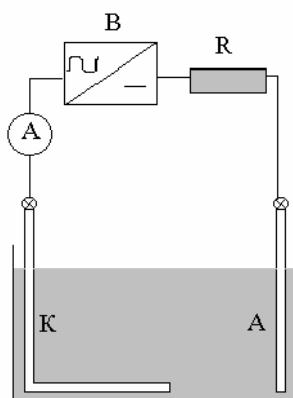


Рис. 1. Схема установки для определения кроющей способности

В качестве катода использовался образец из стали 40 ГОСТ 1050-74 (рис. 2), площадь восстанавливаемой поверхности $S_k = 0,75 \text{ дм}^2$.

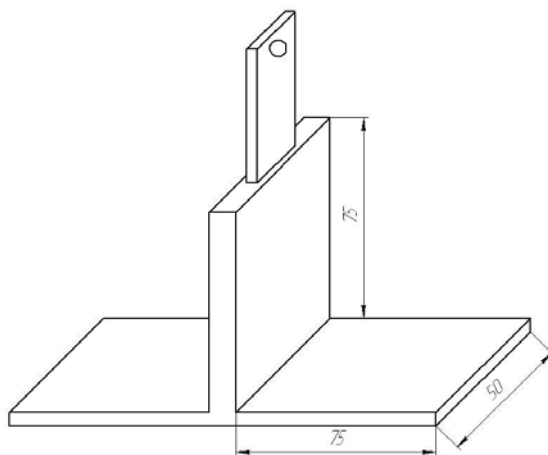


Рис. 2. Угловой катод

Анодом (рис. 1.) служила металлическая пластина, изготовленная из Ст 3 ГОСТ 1414-75. Площадь анода $S_a = 0,375 \text{ дм}^2$.

Нанесение покрытия производилось в электролите следующего состава: хлористое железо $[\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$ – 230 и 300 г/л, соляная кислота $[\text{HCl}]$ – 3 г/л. Перед нанесением покрытия электролит подвергался проработке в течении 30 минут.

Во время эксперимента контролировались следующие параметры электролита:

- температура;
- плотность;
- кислотность.

Кислотность определялась рН-метром-милливольтметром типа рН-673.

Температура регулировалась путем подачи холодной воды в рубашку охлаждения.

Результаты эксперимента и их математическая обработка. По полученным в результате проведенного эксперимента значениям кроющей способности трех параллельных опытов (табл. 1) находили уравнение регрессии $KC = f(C, t^\circ)$. Кроющая способность определялась по формуле:

$$KC = S_{\Pi} / S_K. \quad (1)$$

где S_{Π} – площадь покрытой поверхности, дм^2 .

Таблица 1. Условия планирования и результаты эксперимента

Значения факторов		Значения параметра оптимизации			
C, г/л	t, град	KC ₁	KC ₂	KC ₃	KC _{ср}
230	16	75	72	73	73,3
230	26	88	82	84	84,7
300	16	90	88,5	89	89,2
300	26	99	97	98	98

Однородность дисперсий S_u^2 опытов проверяли при помощи G-критерия при $\alpha=0,05$.

Проверка значимости коэффициентов уравнения регрессии проводилась с помощью t-критерия в соответствии с условием.

Уравнение регрессии в этом случае будет иметь вид

$$y = 86,3 + 7,3x_1 + 5,05x_2 - 2,6x_1x_2. \quad (2)$$

Адекватность полученного уравнения регрессии оценивали по F-критерию.

Уравнение в натуральных значениях факторов:

$$KC = 0,521C + 4,947t - 0,015C \cdot t - 72,861. \quad (3)$$

Выводы и рекомендации

1. Увеличение температуры электролита приводит к увеличению кроющей способности.

2. Увеличение концентрации хлористого железа приводит к увеличению кроющей способности.

3. Рекомендуются проверить влияние кислотности электролита на изменение кроющей способности.

4. Возможно увеличение кроющей способности при увеличении плотности тока.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ СТАТИЧЕСКОЙ ПОПЕРЕЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КОЛЕСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

С.В. Бояркин

Научный руководитель И.М. Блянкинштейн

Сибирский федеральный университет

Устойчивостью автомобиля называют его свойство сохранять направление движения, противостоять опрокидыванию и поперечному скольжению. Различают продольную и поперечную устойчивость. Более вероятна и опасна потеря поперечной устойчивости. Поперечная устойчивость транспортных средств и самоходных машин является одним из важнейших показателей безопасности, которому придается большое значение.

Аспекты оценки поперечной устойчивости различных транспортных средств отражены в трудах отечественных ученых В.А. Павлова (21 НИИ МИНОБОРОНЫ), Е.П. Плавельского (ОАО «ЦНИИП СДМ»), Э.Н. Никольникова (НИЦИАМТ), А.Е. Плавельского (АНО «ТрансСДГМтест»), Л.Л. Гинцбурга, Б.В. Кисуленко (ФГУП НАМИ и многих других).

Согласно ГОСТ Р 52302-2004 «Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость» нормированными параметрами, характеризующими поперечную статическую устойчивость автомобиля, прицепа или седельного автопоезда, в настоящее время являются:

- угол статической устойчивости $\alpha_{c,y}$ – угол наклона опорной поверхности опрокидывающей платформы относительно горизонтальной плоскости, при котором произошел отрыв всех колес одной стороны одиночного АТС или всех колес одной стороны одного из звеньев седельного автопоезда от опорной поверхности;
- угол крена поддрессоренных масс φ – угол между опорной поверхностью опрокидывающей платформы и поперечной осью поддрессоренных масс (осью Y в системе координат по [1]), проходящей через центр масс АТС, полученный в результате наклона его на опрокидывающей платформе.

Величина угла $\alpha_{c,y}$ статической устойчивости АТС против опрокидывания, полученная в результате испытаний, должна быть не менее нормативного значения α_n , зависящего от коэффициента q_s его поперечной устойчивости.

Коэффициент поперечной устойчивости q_s определяют по формуле

$$q_5 = \frac{0,5b}{h}, \quad (1)$$

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.

Величину колеи колес полуприцепа вычисляют как среднее между серединами наружных колес задней оси (тележки) тягача и серединами наружных колес оси (тележки) полуприцепа.

Высоту центра масс определяют по формуле

$$h = \frac{0,5b - h_{к.п} \cdot \operatorname{tg} \alpha_{с.у} - \Delta}{\operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \varphi + \sin \varphi} + h_{к.п}, \quad (2)$$

где $h_{к.п}$ – высота оси крена над опорной поверхностью в поперечном сечении, проходящем через центр масс, мм; D – боковое смещение центра масс, определяемое по результатам измерений боковой деформации шин, мм.

При отсутствии точных данных величина $h_{к.п}$ может быть принята равной статическому радиусу колеса АТС.

При определении соответствия величины угла $\alpha_{с.у}$ нормативным значениям α_n АТС всех категорий в зависимости от коэффициента поперечной устойчивости (большого или меньшего единицы) разделены на две группы, каждой из которых соответствует своя зависимость $\alpha_n = f(q_s)$:

$$\alpha_n = (-2,4 + 42,4q_s)^\circ \text{ при } 0,55 \leq q_s \leq 1,0; \quad (3)$$

$$\alpha_n = (15 + 25 q_s)^\circ \text{ при } q_s > 1,0; \quad (4)$$

$$\alpha_n \geq 21^\circ \text{ при } q_s < 0,55.$$

Угол крена φ подрессоренных масс определяют при таком угле наклона платформы, когда при котором происходит отрыв всех колес одной стороны одиночного АТС или всех колес одного из звеньев автопоезда от опорной поверхности. Максимальное допустимое значение угла крена φ подрессоренных масс в центре масс АТС, полученное в результате испытаний, не должно превышать предельных значений φ_n , заданных в зависимости от коэффициента поперечной устойчивости q_s .

При этом АТС всех категорий разделены на две группы, каждой из которых соответствует своя зависимость $\varphi_n = f(q_s)$:

$$\text{при } q_s \leq 1,0 \quad \varphi_n = (10,8 - 4,3q_s)^\circ;$$

$$\text{при } q_s > 1,0 \quad \varphi_n = 6,5^\circ. \quad (5)$$

Критерием соответствия нормативным требованиям данного стандарта является условие

$$\varphi \leq \varphi_n, \quad (6)$$

где φ_n – предельно допустимое значение угла крена.

График зависимостей (5) и (6) представлен на рис. 1

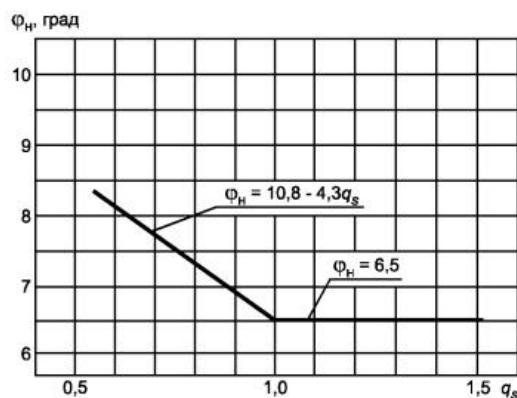


Рис. 1. Зависимость угла крена ϕ_H поддресоренных масс АТС от коэффициента поперечной устойчивости q_s

Как известно, α_{cy} поперечной статической устойчивости и угол ϕ_{cy} бокового крена, определяемые на стенде в момент начала бокового опрокидывания АТС. Но эксперимент – дело дорогостоящее. По этой и ряду других причин специалисты (21 НИИ МИНОБОРОНЫ) разработали расчетно-экспериментальный метод определения α_{cy} и ϕ_{cy} . Согласно этому методу расчетная методика определения поперечной устойчивости базируется на схеме бокового опрокидывания АТС, приведенной на рис. 2.

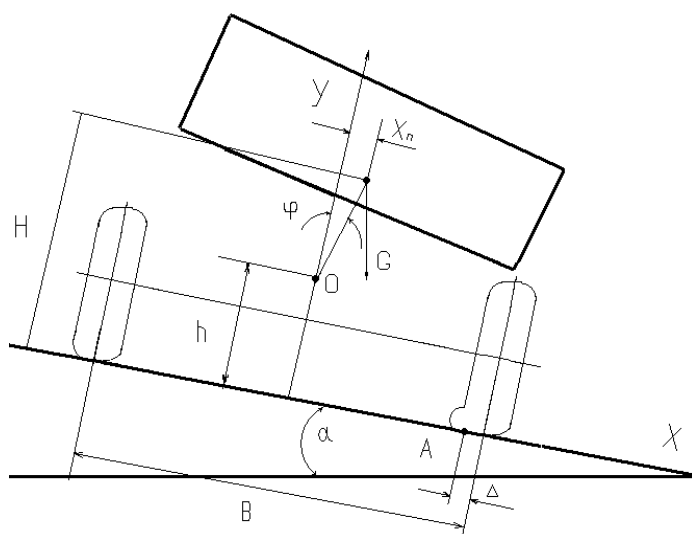


Рис. 2. Расчетная схема бокового опрокидывания АТС, рекомендуемая ГОСТ Р 52302 – 2004

Как видно из рисунка, расчетная схема содержит два допущения. Во-первых, в ней принято, что при боковом наклоне платформы стенда поворот на угол ϕ относительно центра крена O , жестко связанного с осью колеса и платформой, совершает только поддресоренная масса АТС, во-вторых, считается, что центр масс всего АТС, расположенный на высоте H ,

перемещается при крене вместе с поддрессоренной массой. При таких допущениях угол α_{cy} поперечной статической устойчивости легко определяется через его тангенс:

$$\operatorname{tg} \alpha_{cy} = (B/2 - (H - h) \varphi_{cy} - \Delta)/H. \quad (7)$$

Высота H центра масс АТС при статическом опрокидывании на стенде:

$$H = (B/2 - \Delta + h \varphi_{cy}) / \operatorname{tg} \alpha + \varphi_{cy}. \quad (8)$$

При этом непосредственно измеряют величины углов бокового наклона платформы стенда α и бокового крена поддрессоренной массы φ , а также высоту h центра крена, деформацию Δ шин и (при необходимости) колею B .

Как видно из этих формул, в них, по сути входят лишь два известных параметра – колея B и высота H центра масс АТС. Поэтому основная методическая трудность применения данных формул заключается в том, чтобы выявить способ расчетного определения параметров: $\varphi_{cy} - \Delta$ – боковая деформация шины в момент потери устойчивости АТС; h – высота центра крена.

Для решение задачи используется уравнение крена, составленное по рис. 2:

$$G[(H - h) \sin \alpha + X_{\pi} \cos \alpha] = C_y \varphi \quad (9)$$

где $G = m_a g$ – сила веса АТС; α – угол бокового наклона платформы стенда; X_{π} – перемещение центра масс при крене; C_y – угловая жесткость подвески (отношение момента, вызывающего крен, к углу крена); φ – угол бокового крена поддрессоренной массы. При этом, согласно тому же рис. 2, поперечное перемещение X_{π} центра масс при крене

$$X_{\pi} = (H - h) \varphi. \quad (10)$$

Решая совместно уравнения (9) и (10) относительно C_y и разделив полученный результат на силу G , для момента опрокидывания АТС получают формулу для расчета его приведенной (удельной) угловой жесткости, характеризующей сопротивление последнего боковому крену в момент потери устойчивости:

$$C_{\pi y} = (H - h)(\sin \alpha_{cy} + \varphi_{cy} \cos \alpha_{cy}) / \varphi_{cy}. \quad (11)$$

Для получения формулы расчета критического угла крена с помощью приведённой угловой жесткости В.А. Павлов решает совместно уравнения (8) и (11) относительно φ_{cy} . В итоге получает алгебраическое уравнение четвертой степени, которое далее предлагает решить методом последовательных приближений:

$$\begin{aligned} \varphi_{cy}^4 - (2(B/2 - \Delta)/(H - h))\varphi_{cy}^3 + [(H^2 + (B/2 - \Delta)^2)/(H - h)^2 - h^2/C_{py}^2]\varphi_{cy}^2 + \\ + (2(B/2 - \Delta)/\varphi_{py}^2)\varphi_{cy} + (B/2 - \Delta)^2/\varphi_{py}^2 = \\ = \varphi_{cy}^4 + \alpha\varphi_{cy}^3 + \beta\varphi_{cy}^2 + c\varphi_{cy} + d = 0. \end{aligned} \quad (12)$$

Как видно из приведенных теоретических выкладок, аналитического решения в чистом виде не существует. Чтобы найти приведенную поперечную угловую жесткость C_{py} АТС, необходимо иметь углы α_{cy} и φ_{cy} , которые можно определить экспериментально на стенде (платформе опрокидывания). А чтобы найти аналитически углы α_{cy} и φ_{cy} необходимо знать значения параметров C_{py} , Δ , h .

В результате анализа расчетной методики определения угла поперечной статической устойчивости α_{cy} и угла крена подрессоренной массы φ_{cy} , можно сделать вывод что, расчетная методика оценки рассматриваемых свойств с высокой достоверностью может быть применена лишь для расчета близких по характеристикам к исследуемому транспортному средству аналогам, для которых имеются все параметры, определенные по результатам испытаний на платформе опрокидывания. Для вновь созданных АТС, у которых нет данных испытаний и нет данных по аналогам, единственный верный способ оценки параметров поперечной устойчивости – испытания на платформе опрокидывания.

Проведенный анализ подтверждает известную истину – расчетные методики оценки рассматриваемых свойств часто теряют свои преимущества ввиду отсутствия достоверных исходных данных об исследуемом объекте.

УДК 629.113

ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕМОНТЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

У.А. Осипова, В.С. Кузнецов
Научный руководитель Н.В. Шадрин
Сибирский федеральный университет

В настоящее время актуальная и набравшая популярность проблема – Строительство и ремонт автомобильных дорог. Всю остроту данной проблемы могут почувствовать только водители, которые каждый раз высказывают свое вполне адекватное мнение по этому поводу. Ведь выбоины на дорогах

приводят не только к разрушению некоторых элементов автомобиля, но и более плачевным последствиям – к травматизму пассажиров и пешеходов, а в некоторых случаях и к летальному исходу.

Для перспективного развития автомобильно-дорожного комплекса требуется постоянное совершенствование в области проектирования, строительства, ремонта и эксплуатации дорог. Сам же прогресс в строительстве автомобильных дорог связан с рядом крупных проблем:

- всестороннее исследование и изучение грунтов, законов водно-теплового режима земляного полотна, способов его регулирования;
- совершенствование расчета дорожных одежд и способов комплексного конструирования земляного полотна;
- широкое изучение минеральных материалов и подробное исследование органических вяжущих;
- исследование технологии строительства асфальтобетонных покрытий;
- разработка научных основ дорожного машиностроения и создание машинороботов, др.

Качество и надежность автомобильных дорог зависят от технического и транспортно-эксплуатационного состояния составляющих элементов. Как строительство и ремонт, так и эксплуатация дорожных покрытий требуют значительных затрат дорожно-строительных материалов и денежных средств.

В 2011 г. в рамках программы «Дороги Красноярья и города Красноярска» на строительство и реконструкцию автотрасс, ремонт магистральных дорог, внутриквартальных и дворовых проездов будет выделено 2,4 млрд рублей.

В целях установления оптимального баланса между затратами на строительство и эксплуатацию покрытий необходимо обеспечивать оптимальный уровень эксплуатационной надежности дорожных одежд.

Технология и организация строительства и ремонта городских улиц и дорог протекает в условиях, отличных от условий строительства и ремонта загородных автомобильных дорог, и имеет ряд специфических особенностей.

Основными из них являются:

- а) стесненность объектов строительства существующей городской застройкой или строительными площадками застраиваемого района;
- б) неравномерность распределения объемов работ по длине улиц, дорог и трамвайных путей;
- в) наличие большого количества подземных коммуникаций (как существующих, так и проектируемых);

г) необходимость, ведения работ на улице в условиях интенсивного движения городского транспорта и пешеходов;

д) невозможность организации больших складских территорий для хранения дорожно-строительных материалов, деталей, конструкций;

е) необходимость в дополнительных перевозках грунта (подвоз недостающего или вывоз излишнего грунта) при возведении земляного полотна из-за невозможности закладки резервов или отсыпки кавальеров в непосредственной близости от места строительства.

Из всех отраслей строительной индустрии дорожное строительство является наиболее зависимым от атмосферных и климатических условий, поэтому основной строительный период – это лето и часть весны и осени. Продолжительность такого периода для г. Красноярска составляет 4 – 5 месяцев.

Дорожное покрытие является важнейшим элементом дороги, оказывающим непосредственное влияние на условия движения. Поэтому вопросы качества и надежности покрытий имеют первостепенное значение.

Проблема обеспечения эксплуатационной надежности дорожных покрытий охватывает широкий круг вопросов: от применения теории надежности и математической статистики до анализа влияния климатических и эксплуатационных условий на работу покрытий, совершенствования оценки покрытия, контроля качества материалов и обоснования рациональной технологии проведения работ.

Внедрение новых технологий, техники, конструкций и материалов – важнейшие факторы достижения экономической эффективности, ресурсо- и энергосбережения, соблюдения экологических требований, обеспечения безопасности движения при проектировании, строительстве, реконструкции, ремонте и эксплуатации дорог.

Представляет интерес применение ряда современных технологий при строительстве и ремонте автомобильных дорог в г. Красноярске.

Технология восстановления асфальтобетонных покрытий и оснований способами холодной регенерации (ресайклинга). В процессе эксплуатации дороги конструктивные слои дорожной одежды постепенно утрачивают свои первоначальные свойства: снижается их общая прочность (несущая способность), ухудшается ровность покрытия, нарушается монолитность связных слоев (появляются трещины).

Традиционный способ ремонта способствует восстановлению перечисленных свойств (кроме последнего) посредством укладки нового слоя на проезжей части (способ перекрытия). В результате материал старых слоев частично становится балластом.

Альтернативой традиционным методам усиления дорожной одежды является метод холодной регенерации с проведением всех технологических операций преимущественно на дороге.

Этот метод заключается в выполнении комплекса работ:

- измельчение асфальтобетонных слоев дорожной одежды с захватом в большинстве случаев части несвязного слоя основания посредством холодного фрезерования;
- введение в образовавшийся рыхлый материал вяжущего (одного или нескольких видов) и, если требуется, нового скелетного материала и других добавок;
- перемешивание всех компонентов, распределение полученной смеси в виде слоя, его уплотнение

Регенерированный холодным методом слой является монолитным слоем основания, поверх которого укладывают асфальтобетонный слой износа (в сочетании при необходимости со слоем усиления) или ограничиваются поверхностной обработкой.

Обладая достоинством способа переукладки, метод холодной регенерации выгодно отличается от традиционного способа ремонта своей экономичностью. По ресурсосбережению он не имеет себе равных. И позволяет более эффективно использовать материалы старой дорожной одежды. Устранение при этом трещин в битумосвязных слоях старой дорожной одежды исключает появление отраженных трещин в выше укладываемых слоях покрытия. При традиционном способе перекрытия появление отраженных трещин неизбежно. Проведение восстановительных работ без разогрева старого материала наносит минимальный ущерб окружающей среде.

Технология устройства верхних слоев покрытия из щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси. Щебеночно-мастичные асфальтобетонные покрытия характеризуются комфортабельностью и безопасными ездовыми качествами, а их текстура отличается шероховатостью и способностью поглощать шум при движении автотранспортных средств. Жесткая скелетная структура из щебня обуславливает прекрасную сопротивляемость слоя пластическим сдвиговым деформациям, а наличие большого количества битумного вяжущего, который заполняет пространство между каменными материалами, делает щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА) более долговечным материалом.

В отличие от асфальтобетонных смесей, содержащих до 60 % щебня, ЩМА-смесь обладает более высоким его содержанием до 80 % и повышенным содержанием битума до 7,5 % по массе. Чтобы удержать такое количество горячего битума на поверхности щебня в смеси обязательно присутствуют специальные стабилизирующие добавки типа волокон (целлюлозное волокно).

Щебень должен быть кубовидной формы с наибольшим размером зерен до 10, 15 и 20 мм в зависимости от вида ЩМА-смеси. Марка щебня по дробимости – не менее 1000-1200.

Преимущества ЩМА-смеси:

- высокая прочность, оптимальная шероховатость, повышенное шумопоглощение и устойчивость к старению;
- увеличение стоимости полностью компенсируется за счет увеличения срока службы покрытия в 1,5 раза.

Технология применения геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог. Основная цель применения прослоек из геосеток – армирование асфальтобетонных слоев за счет повышения сопротивления покрытия растягивающим температурным напряжениям и напряжению при изгибе, изменение условий контакта в зоне трещины, а на основе этого – увеличение срока службы покрытия.

Рекомендуется два варианта конструктивных решений:

- укладка геосетки между верхним и нижележащими слоями (слоем) асфальтобетонного покрытия для повышения сопротивления преимущественно температурным воздействиям;
- укладка геосетки между блочным основанием и вышележащими асфальтобетонными слоями (слоем) для повышения сопротивления преимущественно воздействию временной нагрузки.

Применение армирующих прослоек из геосеток в слоях дорожного покрытия увеличивает срок службы покрытия в 1,5-2 раза, поэтому снижается объем работ, затраченный на ямочный ремонт на 30-50 %.

Покрывтия Сларри. Покрытие Сларри представляет собой литую эмульсионно-минеральную смесь, состоящую из битумной эмульсии, каменного материала с определенным гранулометрическим составом воды и специальных добавок. Смесь готовится холодным способом и обладает рядом преимуществ, относящихся к подбору рецептуры смеси и методу ее нанесения.

Для смесей применяются так называемые быстросхватывающиеся эмульсии (quickset – для Сларри), или «эмульсии быстрого открытия движения» (quick traffic emulsion – для Микросюрфейсинга). В большинстве стран мира данные эмульсии являются катионными. Они обладают рядом преимуществ по сравнению с анионными. Например, обеспечивают быстрое взаимодействие каменного материала и вяжущего с получением хорошей адгезии, совместимость с широким спектром каменного материала и быстрое формирование смеси. В покрытии Сларри мало пустот, и, будучи самовыравнивающимся, оно обладает высокой стабильностью и сопротивлением к деформациям. Такие покрытия могут быть спроектированы с применением нескольких типов гранулометрических составов каменного материала и различных видов битумов, что дает возможность оптимизирования свойств.

Покрывтия Сларри обеспечивают: рабочую полосу движения для транспорта; водонепроницаемость покрытия; небольшую корректировку

профиля, имеющего продольные и поперечные деформации; заполнение колеи; текстурированную поверхность для обеспечения превосходного сцепления; внешнее сходство с покрытиями из горячих асфальтобетонных смесей с низким уровнем шума; сокращение стоимости выполнения текущего ремонта за расчетный срок службы покрытия на 38 %.

Микросюрфейсинг. Это разновидность эмульсионно-минеральной смеси типа Сларри, позволяющая производить укладку смеси более толстым слоем и в несколько слоев, прочная, с высокими требованиями к качеству каменного материала. Эта технология может применяться как для исправления незначительных деформаций, так и ликвидации колеи. Модифицирование полимером позволяет использовать каменный материал более крупных фракций без риска его выноса, а высокая когезия означает, что толстые слои могут нести нагрузку не деформируясь.

Для полимерного модифицирования таких смесей, обеспечивающего более высокое сопротивление колееобразованию, могут использоваться EVA и латекс. Возможно устройство слоев толщиной 50–75 мм. Такие материалы производятся с добавлением специальных эмульгаторов, чтобы повысить когезию и ускорить их застывание. Это означает, что открытие движения по отремонтированным участкам может происходить в период от 30 минут до 1 часа после окончания укладки, даже при более низких температурах.

Микросюрфейсинг используется для: заполнения колеи; уширения обочин; незначительных исправлений профиля; том, где возможно применение Сларри.

Микросюрфейсинг и Сларри являются полезными дополнениями к существующим в России технологиям строительства и ремонта автомобильных дорог.

УДК 656.11.(13)

МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ АВАРИЙНОСТИ НА УДС г. КРАСНОЯРСКА, СВЯЗАННОЙ С ДЕТЬМИ И ПЕШЕХОДАМИ

Е.В. Шейкина, Т.С. Оленева
Научный руководитель Н.В. Шадрин
Сибирский федеральный университет

Проблема аварийности на автотранспорте приобрела особую остроту в последнее десятилетие в связи с несоответствием существующей дорож-

но-транспортной инфраструктуры потребностям общества и государства в безопасном дорожном движении, недостаточной эффективностью функционирования системы обеспечения безопасности дорожного движения, крайне низкой дисциплиной его участников. Вместе с тем автомобиль при неумелом использовании может явиться и является источником множества дорожно-транспортных происшествий, приводящих к гибели и ранению большого количества людей, нанесению огромного материального ущерба экономике страны.

Основные причины возникновения опасных ситуаций, приводящих к возникновению ДТП, – несоблюдение ПДД участниками дорожного движения. Виновниками произошедших ДТП являются водители ТС, пешеходы и пассажиры.

Часто виновниками становятся дети. По их вине происходит 8-12 % всех ДТП в г. Красноярске.

Профилактикой детского дорожно-транспортного травматизма (ДДТТ) являются пропаганда безопасности дорожного движения и предупреждение.

В 2004 г. было зарегистрировано 227 ДТП с участием детей (табл. 1), в 2005-214 (-5,7 %), в 2006 году наблюдалось резкое увеличение таких ДТП – 237 (+10,7 % относительно аналогичного периода прошлого года (АППГ)). В 2007 г. количество ДТП данного вида снова снизилось – 218 случаев (-8 % по сравнению с АППГ). В 2008 г. количество ДТП с участием детей относительно АППГ увеличилось на 2 (+0,9 %). После 2008 г. наблюдается уменьшение числа ДТП данного вида. С 2008 по 2010 гг. их количество уменьшилось на 19 единиц, т. е. на 8,6 %.

Таблица 1. Количество ДТП с участием детей

Районы	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Железнодорожный	12	20	21	16	15	19	18
Кировский	27	27	18	24	29	22	20
Ленинский	41	29	37	30	37	22	30
Октябрьский	31	31	29	25	22	23	28
Свердловский	44	35	35	26	32	28	29
Советский	47	48	77	69	61	69	56
Центральный	25	24	20	28	24	20	20
Всего	227	214	237	218	220	203	201

В образовательных учреждениях города проводится активная работа по профилактике ДДТТ с целью формирования знаний, умений, навыков,

устойчивых привычек безопасного поведения детей на улицах, дорогах и в транспорте.

Созданы отряды юных инспекторов дорожного движения, которые проводят работу с учащимися не только своих школ, но и на подведомственной территории района. Совместно с Госавтоинспекцией проводится множество акций, где ребята сами проводят профилактические беседы с пешеходами. Инспекторами по пропаганде по каждому факту ДТП с участием ребенка проводится служебное расследование.

Для примера рассмотрим, как происходит обучение ПДД в Германии. Для ребенка существуют три основные сферы, где он проходит в непосредственное соприкосновение с автомобилями: прогулки вдоль оживленных магистралей, переход через дорогу и игры со сверстниками вблизи участков движения машин. В этих сферах ребенок по-разному реагирует на различные ситуации, вырабатывая собственную манеру поведения. Для того чтоб выработать в детях правильное отношение к дороге, прежде всего, необходимо дать ребятам знания и навыки.

В четвертом классе общеобразовательной школы ребята, которым исполнилось 10 лет, сдают специальный экзамен на вождение велосипеда приходящим в школу для этой цели полицейским. Также в Германии существуют Дорожные центры, специализирующиеся на обучении детей ПДД. В детский комплекс входят компьютерные классы, а также парк электромобилей.

Помимо практических занятий в Германии существует целый ряд специальных игровых программ. Главный принцип здесь – ребенку было интересно не только знакомиться со знаками, но и участвовать в процессе познания и изучения Правил.

В 2010 г. количество ДТП, связанных с наездом на пешеходов, увеличилось до 826 единиц (+4,7 % по сравнению с 789 наездами в 2009 г.). Число происшествий по вине пешеходов увеличилось на 36,6 % (с 268 до 366), число травмированных на 37,6 % (с 255 до 351). При этом количество погибших в них людей снизилось на 12,5 % (с 24 до 21).

Немаловажную роль, влияющую на уровень аварийности с участием пешеходов, оказало изменение административного законодательства в мае 2009 г. в части ужесточения административного наказания за нарушение правил проезда пешеходных переходов. Это способствовало, прежде всего, снижению дисциплины пешеходов, которые нарушают и злоупотребляют требованиями ПДД. Это, как следствие, привело к увеличению количества ДТП по вине пешеходов (+36,6 %), а также к росту количества происшествий на пешеходных переходах (+4,6 %). Также необходимо обратить внимание на то, что каждый третий наезд на пешехода (37,2 %) в пределах пешеходных переходов связан с наличием неудовлетворительных дорож-

ных условий (нехватка дорожных знаков, дорожной разметки, не соответствующее ГОСТ состояние проезжей части и наружного освещения).

Таблица 2. Количество ДТП по вине пешеходов

Районы	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Железнодорожный	32	29	30	28	28	24	33
Кировский	71	43	28	18	16	13	30
Ленинский	88	84	67	62	61	45	61
Октябрьский	65	63	52	50	44	44	52
Свердловский	96	100	65	57	58	45	61
Советский	145	138	135	98	76	75	64
Центральный	55	52	47	56	40	22	35
Всего	552	509	424	369	323	268	366

Количество ДТП по вине пешеходов в состоянии алкогольного опьянения в 2004-2010 гг. довольно нестабильное. В 2004 и 2006 гг. случаев таких ДТП было зарегистрировано 73 и 19 соответственно (таблица 9), то есть стало меньше на 54 случая (-74 %). В 2007 г. наблюдался резкий скачек количества ДТП по вине пешеходов в состоянии алкогольного опьянения. С 19 случаев 2006 г. увеличилось до 38 (+200 %). В 2008 г. резкий спад количества ДТП данного вида: 18 в 2008 г. против 38 в 2007 г. (-211 %). После 2008 года идет рост количества зарегистрированных случаев таких ДТП. По сравнению с 2008 г. (18 ДТП) в 2010 году (42 ДТП) стало больше на 233 %.

Таблица 3. Количество ДТП по вине пешеходов в состоянии алкогольного опьянения

Районы	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Железнодорожный	6	4	2	0	0	2	6
Кировский	12	1	0	1	0	2	6
Ленинский	10	14	4	7	0	3	1
Октябрьский	9	8	0	2	1	0	1
Свердловский	2	3	2	12	12	5	11
Советский	32	16	10	16	5	7	12
Центральный	2	1	1	0	0	0	5
Всего	73	47	19	38	18	19	42

В Тюмени на поощрение пешеходов за поведение на дороге, соответствующее ПДД, было направлено мероприятие «Спасибо, пешеход». В

рамках акции, проводимой периодически в течение полугода, изготовлены карманные календари с девизом "Спасибо, пешеход", а также баннеры "Спасибо, что соблюдаете правила безопасного поведения на дороге". Баннеры были размещены на наружных рекламных носителях, календари распространялись в ходе специальных рейдов, в которых участвовали инспекторы ГИБДД, дружинники, юные инспекторы движения, подростки из отрядов мэра и студенты вузов. В ходе мероприятия прошли мини-акции противоположного содержания, также направленные на безопасность пешеходов, – "Спеши, а то успеешь". Сотрудники ГИБДД и журналисты радио и газет вручали смешные призы и дипломы «незнатоку» правил дорожного движения, пешеходам-нарушителям.

Для решения проблемы аварийности, связанной с пешеходами и детьми, в г. Красноярске необходимо:

1. Провести анализ статистических данных аварийности.
2. Выявить и исследовать места концентрации ДТП с участием детей и пешеходов.
3. Провести анализ причин и условий, обуславливающих возникновение ДТП, связанных с детьми и пешеходами.
- 4 Изучить и проанализировать отечественный и зарубежный опыт решения данной проблемы.
- 5 Разработать комплекс эффективных мероприятий по снижению аварийности, связанной с пешеходами и детьми, которые должны решаться на следующих уровнях:
 - воспитательном;
 - образовательном;
 - законотворческом;
 - политическом.

УДК 629

ПЕРЕГРУЗОЧНЫЕ ТЕРМИНАЛЫ УПРОЩЕННОЙ ПЛАНИРОВКИ

Е.В. Блинов

Научный руководитель Н.В. Голуб
Сибирский федеральный университет

В смешанных перевозках важную роль играют проблемы снижения затрат и повышения качества транспортных услуг. За последние 30 лет смешанные железнодорожно-автомобильные перевозки превратились в

самостоятельный способ доставки грузов. Их эффективность обусловлена оптимальным сочетанием системных преимуществ железнодорожного транспорта в перевозках массовых грузов на большие расстояния с гибкостью автомобильного при распределении грузов в пределах регионов. Значительному росту объема смешанных перевозок в большой степени способствовало завоевание ими прочных позиций на логистическом рынке.

Многие специалисты в области транспортных систем видят в смешанных железнодорожно-автомобильных перевозках действенное средство разгрузки автомагистралей Европы. По приблизительным оценкам, этой цели можно достичь в ближайшие годы, если увеличить в три раза объем перевозок данного вида.

Тем не менее автомобильный транспорт продолжает занимать господствующие позиции, так как грузоотправители предпочитают его как более дешевый экологичному железнодорожному. Изменить ситуацию можно только при условии, что смешанные перевозки станут высоконадежными, с легко рассчитываемым временем доставки. Все участники перевозочного процесса (железные дороги, перегрузочные терминалы и автомобильный транспорт) должны стремиться к дальнейшему удешевлению и повышению качества транспортных услуг.

Перегрузочный терминал как пункт сопряжения. Перегрузочный терминал как пункт сопряжения двух видов транспорта играет решающую роль в смешанных железнодорожно-автомобильных перевозках. Современные технологические концепции в этой области требуют новых подходов к затратам на строительство и содержание терминалов. К перспективным задачам относится применение систем автоматического проектирования при разработке не только больших перегрузочных комплексов в регионах с высоким потенциалом перевозок, но и малых терминалов в районах со средними грузопотоками. Грузы из экономических центров стекаются к различным терминалам, откуда по национальной железнодорожной сети доставляются на перегрузочные комплексы формирования маршрутных поездов для трансъевропейских линий. Принцип последовательного соединения национальной и международной сетей позволяет лучше использовать имеющиеся у них мощности и ведет к повышению пропускной способности обеих.

Немецкая фирма DUSS, разрабатывающая проекты организации перегрузочных работ в системе смешанных железнодорожно-автомобильных перевозок и в равных долях принадлежащая компании Kombiverkehr и железным дорогам Германии (DBAG), получила заказ на разработку концепции терминалов различных видов. Одной из задач было создание малого терминала для районов со средними грузопотоками. Требовалось решить проблемы его расположения и технического оснащения.

Такие терминалы обычно ориентированы на места размещения промышленных предприятий, которые в объединяющейся Европе склонны к наращиванию объема перевозок. Как правило, в структуре транспортного рынка доминируют 2-3 крупных грузоотправителя, поэтому при выборе места для нового терминала следует оценивать величину грузопотоков и перспективы их роста. Пример автомобильной промышленности показал, что такие предприятия в определенных обстоятельствах функционируют в течение 8-10 лет, затем появляются новые центры притяжения и соответственно меняются грузопотоки.

Экономические преимущества малых терминалов. При строительстве малых терминалов в регионах инвестор учитывает определенный финансовый риск, поэтому важно, чтобы сумма инвестиций была минимальной. Для того чтобы полностью использовать преимущества малых терминалов, их владельцы должны стремиться к обеспечению высокого качества при низких издержках и учитывать изменения ситуации на рынке грузовых перевозок.

При проектировании малые терминалы нельзя рассматривать как классические стационарные объекты. Их следует компоновать из специально конструируемых гибко применяемых компонентов, которые в случае необходимости могут быть перебазированы на другие площадки. Если, напротив, в данном регионе прогнозируется устойчивое возрастание объема перевозок в течение продолжительного времени, проводят модульное расширение терминала.

В ранее сооружавшихся малых терминалах большая часть инвестиций приходилась на фундамент и основание рабочих площадок и автомобильных полос, т. е. в основном на инфраструктуру. Так, в строительство терминала в речном порту Штутгарта было инвестировано 15 млн нем. марок. Из них только 5 млн марок пришлось на краны и контейнеры, а 10 млн на инфраструктуру.

Компании Kombiverkehr и DUSS провели исследования, целью которых был поиск новых методов проектирования терминалов с более низкой долей затрат на инфраструктуру. Анализ процесса перегрузки и мест расположения малых терминалов помог открыть важные потенциалы экономии.

Ранее строительство терминалов удорожалось тем, что перегрузочные козловые краны должны были перемещаться вдоль всего поезда, а грузовые автомобили могли подъезжать к любому из вагонов состава. Длинные подкрановые пути и автомобильные полосы, рассчитанные на большие нагрузки, определяли затраты на инфраструктуру. Помимо этого, по всей длине поезда требовалось наличие площадок для маневрирования подъезжающих и отъезжающих автомобилей, в связи с чем площадь автомобильных полос значительно возрастала.

Увеличение рентабельности за счет сокращения затрат на инфраструктуру. Разработанная фирмой Kombiverkehr концепция малых терминалов нацелена на решение вопросов инвестиций и экономической эффективности при небольших грузопотоках. С этой проблемой непосредственно связан выбор мест расположения таких терминалов. В основу концепции положен принцип снижения затрат на подкрановые пути, фундаменты и автомобильные полосы при сохранении капитальных вложений в перегрузочные устройства на уровне, принятом для обычных терминалов.

Наряду с минимизацией общей занимаемой площади, в частности технологических площадей для грузовых автомобилей, возможно использование уже имеющейся инфраструктуры, например выведенных из эксплуатации традиционных перегрузочных станций. Это является существенным фактором повышения экономичности и, следовательно, снижения инвестиционных рисков.

Согласно новой концепции, для доставляемых к терминалу и отправляемых на автомобилях грузовых единиц (сменных кузовов, контейнеров или полуприцепов) должны быть выделены четко фиксированные места. Перегрузочные операции выполняются только в тупиковой части путей. Благодаря этому отпадает необходимость в устройстве параллельно перегрузочным путям автомобильных полос и площадок для маневрирования.

Малый терминал состоит из зоны погрузки на автопоезда, перегрузочного устройства, двух погрузочных путей и одной полосы складирования, куда кратковременно отставляют некоторые грузовые единицы (рис. 1). Благодаря этому инвестиции в такой терминал удерживаются в жестких границах.

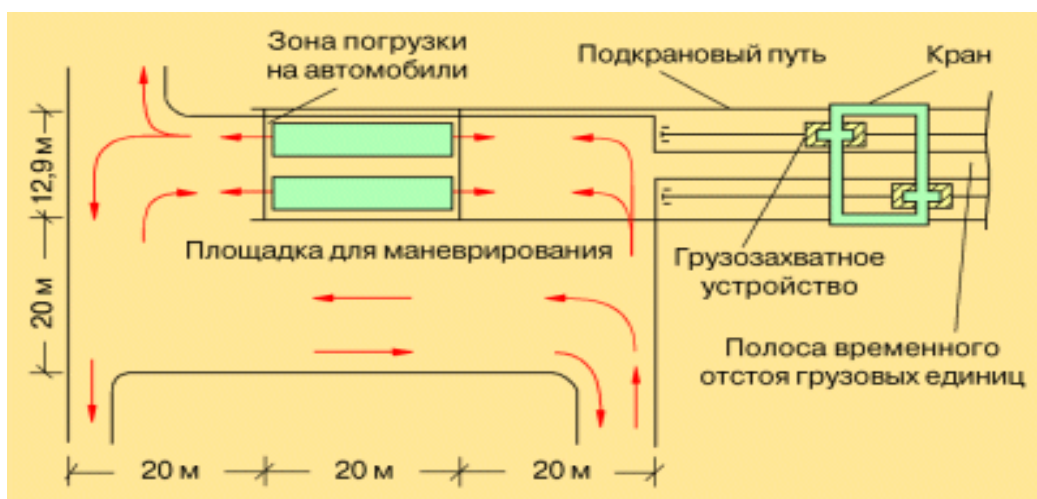


Рис. 1. Принципиальная схема малого терминала

Если для малого терминала с одним модифицированным козловым краном требуется относительно небольшая площадь, то мобильному пере-

грузателю необходимы значительные площади для маневрирования. В связи с этим для сооружения терминала, ориентированного на использование перегружателя, потребовались бы повышенные капитальные затраты.

Малый терминал, оснащенный модифицированным козловым краном, может использоваться так же гибко, как и с мобильным перегружающим устройством. Кран оборудован двумя грузозахватными приспособлениями, представляющими собой сочетание клещевого захвата со спредером. Они расположены на крановых тележках, которые могут независимо перемещаться на двух порталах.

Кран с жестким направлением груза, оборудованный гидравлическим или механическим приводом подъема, имеет компактную конструкцию. В механизме поворота груза могут использоваться гидравлические элементы, аналогичные применяемым в мобильном перегружателе. Для перемещения крана служит дизель-электрический или дизель-гидравлический привод. Максимальная скорость перемещения 250 м/мин. Процесс перегрузки может быть автоматизирован, однако по соображениям безопасности установка грузовых единиц на автопоезда должна выполняться персоналом терминала.

Конструкция нового крана является удачным сочетанием классических элементов контейнерного козлового крана с испытанными и дешевыми элементами мобильных перегружателей. Оснащение крана двумя независимыми грузозахватными приспособлениями обеспечивает возможность установки сразу двух грузовых единиц на один автомобиль или на два, следующие друг за другом.

Жестко установленное расположение зон погрузки и выгрузки для автомобилей ведет к удлинению подкрановых путей, но эти дополнительные затраты компенсируются возможностью применения двух грузозахватных приспособлений. Вместе с тем расчеты на модели показали, что протяженность пути, проходимого автомобилями на малом терминале, не больше, чем на классическом, где большую его часть они проходят вдоль поезда.

Правильно спроектированный малый терминал, как правило, позволяет обеспечивать высокое качество перегрузки. Затраты на его сооружение частично компенсируются за счет автоматизации отдельных операций или интеграции всего процесса в автоматическую систему управления EDI. Важный потенциал снижения издержек заключен в системе текущего содержания. Уже на стадии проектирования конструкторы должны уделять особое внимание простоте технического обслуживания за счет внедрения модульных конструкций. Последний аспект относится и к мощным классическим терминалам.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КИНЕМАТИКИ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ПОГРУЗЧИКОВ НА ПЕРВОНАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В.А. Судницын, Д.В. Печёркин, А.Ю. Крузь
Научный руководитель Д.Д. Абазин

Погрузчик представляет собой сложную несвободную механическую систему со многими степенями подвижности.

Опыт эксплуатации колёсных погрузчиков показывает, что основной причиной низкой надёжности конструкции является существенное расхождение теоретических и реальных нагрузок, что приводит элементы конструкции к динамическому и усталостному разрушению.

Проблема исследования динамических нагрузок связана с возмущённым движением механической системы как композиции степеней подвижности. Поэтому погрузчик рассматриваем как манипулятор, работающий в ангулярной системе координат.

На начальной стадии проектирования решается прямая задача кинематики о положениях для кинематической цепи с четырьмя степенями подвижности.

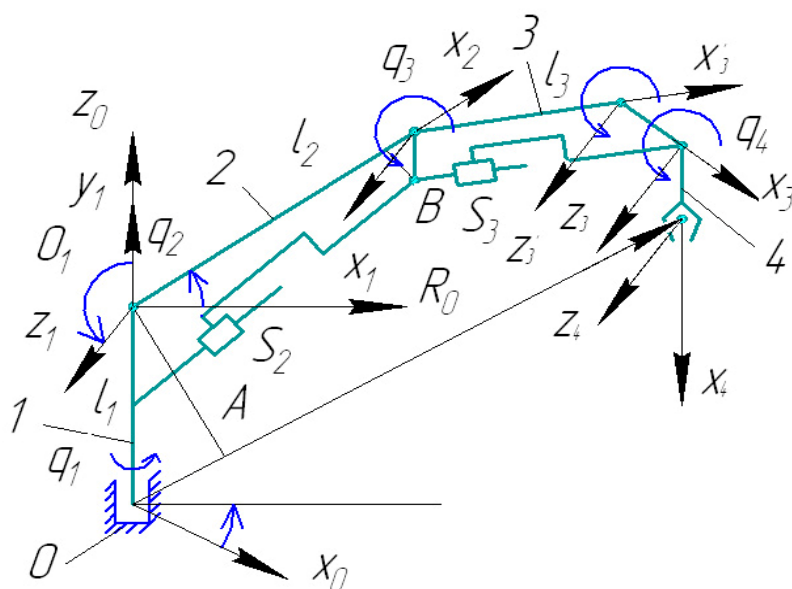


Рис. 1. Кинематическая схема погрузчика ПЭА-1.0

Специальный выбор систем координат, жёстко связанных со звеньями подвесного оборудования, позволил составить таблицу кинематических пар и параметров.

Таблица

Кинематическая пара	Тип пары	Номер звена	Параметры			
			θ	S	a	α
0,1	Вращательная	1	q_1	l_1	0	$\pi/2$
1,2	Вращательная	2	q_2	0	l_2	0
2,3	Вращательная	3	q_3	0	l_3	0
3,3'	Поступательная	3'	α	0	a_3	0
3', 4	Вращательная	4	q_4	0	l_4	0

В соответствии с таблицей составлены матрицы перехода из системы координат $i - 1$ в систему i .

$$A_1 = \begin{pmatrix} cq_1 & 0 & sq_1 & 0 \\ sq_1 & 0 & -cq_1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & l_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}; A_2 = \begin{pmatrix} cq_2 & -sq_2 & 0 & l_2 cq_2 \\ sq_2 & cq_2 & 0 & l_2 sq_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}; A_3 = \begin{pmatrix} cq_3 & -sq_3 & 0 & l_3 cq_3 \\ sq_3 & cq_3 & 0 & l_3 sq_3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix};$$
$$A_3 = \begin{pmatrix} c\alpha & -s\alpha & 0 & a_3 c\alpha \\ s\alpha & c\alpha & 0 & a_3 s\alpha \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}; A_4 = \begin{pmatrix} cq_4 & -sq_4 & 0 & l_4 cq_4 \\ sq_4 & cq_4 & 0 & l_4 sq_4 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$
(1)

Для удобства в (1) введены сокращения: $cq_i = \cos q_i$, $sq_i = \sin q_i$, где $q_i(t)$ – обобщённые координаты.

Матрицы A_i – расширенные, так как описывают не только поворот, но и сдвиг одной системы координат относительно другой.

Положения центров тяжести i -го звена относительно неподвижной системы определяем по формуле

$$R_{0i} = T_i \cdot R_i, \tag{2}$$

где T_i – результирующая матрица, равная:

$$T_i = A_1 \cdot A_2 \cdot \dots \cdot A_i, \quad (i = 1, 2, 3, 3', 4) \tag{3}$$

R_{0i} и R_i – матрицы-столбцы размером (4×1) , у которых первые три элемента – координаты центров тяжести звеньев соответственно в системе 0 и i .

$$R_i^T = (x_i \ y_i \ z_i \ 1); R_{0i}^T = (x_{0i} \ y_{0i} \ z_{0i} \ 1) \tag{4}$$

Задавшись функциями обобщённых координат $q_i(t)$, вычисляют по формуле (3) значения элементов матрицы T_i , а следовательно, определяют

положения и ориентацию звеньев в системе координат, жёстко связанной с рамой погрузчика.

Определим положение центра схвата по формуле (2):

$$R_{04} = T_4 R_4, \quad (5)$$

где

$$T_4 = A_1 A_2 A_3 A_3^T A_4; R_4^T = (0 \ 0 \ 0 \ 1), \quad (6)$$

Выполнив перемножение матриц, получим

$$T_4 = A_1 A_2 A_3 A_4 = \begin{bmatrix} c_{q_1} d(\lambda + q_4) & -c_{q_1} s(\lambda + q_4) & s_{q_1} & l_4 c_{q_1} d(\lambda + q_4) + a_3 c_{q_1} \lambda + l_3 c_{q_1} d(q_2 + q_3) + l_2 c_{q_1} c_{q_2} \\ s_{q_1} d(\lambda + q_4) & -s_{q_1} s(\lambda + q_4) & -c_{q_1} & l_4 s_{q_1} d(\lambda + q_4) + a_3 s_{q_1} \lambda + l_3 s_{q_1} d(q_2 + q_3) + l_2 s_{q_1} c_{q_2} \\ s \cdot (\lambda + q_4) & d(\lambda + q_4) & 0 & l_4 s \cdot (\lambda + q_4) + a_3 s \lambda + l_3 c_{q_1} d(q_2 + q_3) + l_2 s_{q_2} + l_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

Первые три элемента первого, второго и третьего столбцов представляют собой направляющие косинусы соответственно осей x_4 , y_4 , z_4 в неподвижной системе, а три элемента четвёртого столбца – это координаты x_{0i} , y_{0i} , z_{0i} центра схвата в той же системе.

После подстановки (6) с учётом (7) в (5) и сравнения элементов матриц в полученном равенстве записываем уравнение движения центра схвата в параметрической форме:

$$\begin{aligned} x_0 &= (l_4 \cdot \cos(\lambda + q_4) + l_3 \cdot \cos(q_2 + q_3) + l_2 \cdot \cos q_2 + a_3 \cdot \cos \lambda) \cdot \cos q_1, \\ y_0 &= (l_4 \cdot \cos(\lambda + q_4) + l_3 \cdot \cos(q_2 + q_3) + l_2 \cdot \cos q_2 + a_3 \cdot \cos \lambda) \cdot \sin q_1, \\ z_0 &= l_4 \cdot \sin(\lambda + q_4) + l_3 \cdot \sin(q_2 + q_3) + l_2 \cdot \sin q_2 + a_3 \cdot \sin \lambda + l_1, \end{aligned}$$

где

$$\lambda = q_2 + q_3 + \alpha.$$

Устанавливаем связь между обобщённой координатой S_2 – перемещение штока гидроцилиндра и угловой координатой q_2 – поворота рукояти вокруг оси Z_1 матрицы преобразования координат при обходе контура – обозначим через $B(i, i-1)$, $i=2, \dots, 5$. Им ставятся в соответствие матрицы размерностью 4×4 элементарных движений (поворота и сдвига).

В ходе решения матриц получаем следующие результаты:

$$\phi_1 = \arcsin \left[\frac{(S_2)^2 - A}{2 l_0 S_2} \right],$$

где

$$A = (l_0)^2 - b^2 + 2bl_2 - (l_2)^2.$$

$$q_2 = \beta + \alpha + \arcsin \left[\frac{(S_2)^2 - (l_0)^2 - b^2}{B} \right],$$

где

$$B = 2l_0 \sqrt{(l_0)^2 - 2l_2 b \cos \gamma + b^2};$$

$$\alpha = \arcsin \left(\frac{2l_0 b \sin \gamma}{B} \right).$$

Таким образом, решена прямая задача о положения схвата подвесного оборудования универсального погрузчика ПЭА-1, 0 с четырьмя степенями подвижности.

УДК 735.29.(32)

МЕХАНИЗАЦИЯ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ РАБОТ ПО ЗАМЕНЕ ШПАЛ НА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

О.В. Шустова

Научные руководители В.А. Вайник, Л.Н. Родикова

Основными направлениями экономического и социального развития России на перспективный период до 2020 г. являются развитие новых промышленных районов и месторождений, строительство крупных промышленных и энергетических объектов, что ведет к увеличению объёмов перевозок, особенно по железной дороге.

Условия эксплуатации отечественных железных дорог имеют ряд существенных особенностей, основными из которых являются большая грузонапряжённость линий, в несколько раз превосходящая наиболее высокий уровень на зарубежных дорогах; рост грузонапряженности по мере развития народного хозяйства страны; непрерывное повышение скоростей и интенсивности движения поездов, осевых нагрузок. В настоящее время погрузочно-разгрузочные работы в большинстве случаев выполняются с

использованием ручного труда. Применение автомобильных и железнодорожных кранов для обеспечения механизации малоэффективно и нецелесообразно, а в большинстве случаев и невозможно.

В работе исследуются новые схема механизации оборудование для упрощения операций по погрузке разгрузке шпал. Транспортировка осуществляется по заданной схеме механизации: из открытого склада с помощью мостового крана грузоподъемностью 12,5 т загружаются шпалы на платформу и транспортируются до места выгрузки. Исследуется также новый вид платформ для разгрузочных работ, связанных с заменой шпал во время текущего, среднего и подъемочного ремонтов железнодорожного пути. Специфические требования обуславливаются тем, что путевые машины должны работать на железных дорогах при высокой интенсивности использования пути. В связи с этим они должны быть высокопроизводительными, способными выполнять большие объёмы работ в короткие интервалы между прохождением поездов, в так называемые «окна» в графике движения.

Протяженность железных дорог составляет 4200 км по Красноярскому краю. В 2011 г. планируется заменить 215 тыс. шпал. В связи с климатическими условиями проведение работ круглогодично невозможно, поэтому замена производится в период с апреля по октябрь.

Состав работ

Выгрузка материалов на производственной базе из расчета 215 000 штук:

Норматив – 100 штук на 1,02 чел/ч;

Тариф – 60 руб/нормочас;

$215000:100 \times 1,02 \times 60 = 244\,800$ руб; затраты; 4080 чел/ч.

Погрузка на платформы:

норматив – 100 штук при трудоемкости 1,22 чел/ч;

тариф – 70 руб/ч;

$215000:100 \times 1,22 \times 70 = 341\,600$ руб; затраты 4880 чел/ч.

Выгрузка шпал с платформы вручную:

Норма – 100 штук при трудоемкости 1,4чел/ч;

Тариф – 100 руб/ч;

$215000:100 \times 1,4 \times 100 = 560\,000$ руб; затраты 5600 чел/ч.

Укладка шпал в пакеты перед погрузкой на платформу:

$215000:10 \times 0,22 \times 100 = 88000$ руб; затраты 8800 чел/ч.

Итого: 23 360 чел/ч.

Также включаются работы на перегоне, ручной труд по раскладке шпал из платформы, основные работы в «окно», работы после «окна».

В соответствии с отраслевыми нормами времени на работы по ремонту верхнего строения пути требуется на выгрузку-загрузку 215000 шпал 2920 чел/дней или 23360 чел./часов. При этом окно не более 4 часов,

требуется 350 окон. Учитывая среднюю потребность по смене шпал на 1 км, потребность в платформах на ремонтный сезон 110 шт.

Суточный грузопоток в штуках рассчитывается по формуле:

$$(215000*1,1)/160=1478 \text{ шт/сут.}$$

Так как шпалы перевозятся пакетами, то суточный грузопоток лучше рассчитать в пакетопотоках:

$$1478:100=14,78=15 \text{ пакетов/сут}$$

Рассчитаем габариты пакета по данным (табл. 1)

Таблица 1

Тип шпалы	Толщина h	Высота боковых сторон h_1	Ширина			Длина
			верхней пластины		нижней пластины b_1	
			b	b'		
			не менее			
I	180 ± 5	150	180	210	250 ± 5	2750 ±20

Высота пакета: $h=h*10=180*10=1800\text{мм}=1,8 \text{ м};$

Ширина пакета: $B=b*10=250*10=2500\text{мм}=2,5 \text{ м};$

Длина пакета: $l=2750 \text{ мм}=2,75 \text{ м};$

Необходимое количество железнодорожных платформ, в которых отправляется груз: $15:4=4 \text{ платформ/сут.}$

Схема механизации при использовании проектной платформы остается базовой, так как изменяется лишь конструкция транспортирующего механизма.

В основе проектируемой платформы лежит базовая модель, с конструктивными изменениями в виде установки дополнительных узлов, в частности пневмоцилиндров, шарниров, толкателей и передвижных в вертикальной плоскости боковых стенок, благодаря чему происходит механизация процесса разгрузки.

Альтернативным вариантом представляем манипулятор. Тогда при этой же схеме механизации используем базовый вариант платформы и в месте разгрузки устанавливаем гидравлический манипулятор. Он представляет собой гидроподъемный механизм, имеющий 6 степеней свободы для обеспечения перемещения груза по кратчайшим траекториям в пределах зоны действия (рис. 3). Манипулятор монтируется на железнодорожной платформе. Конструкция манипулятора включает неповоротную и поворотную части. Поворотная часть – стреловое оборудование: стрела, две рукояти, удлинитель, грузозахватное устройство (установлено на поворот-

ной колонне). Неповоротная часть имеет опорную раму, на которую крепится поворотная колонна. В неповоротной части встроен механизм поворота колонны. К колонне шарнирно крепится стрела, подъем которой осуществляется гидроцилиндром.

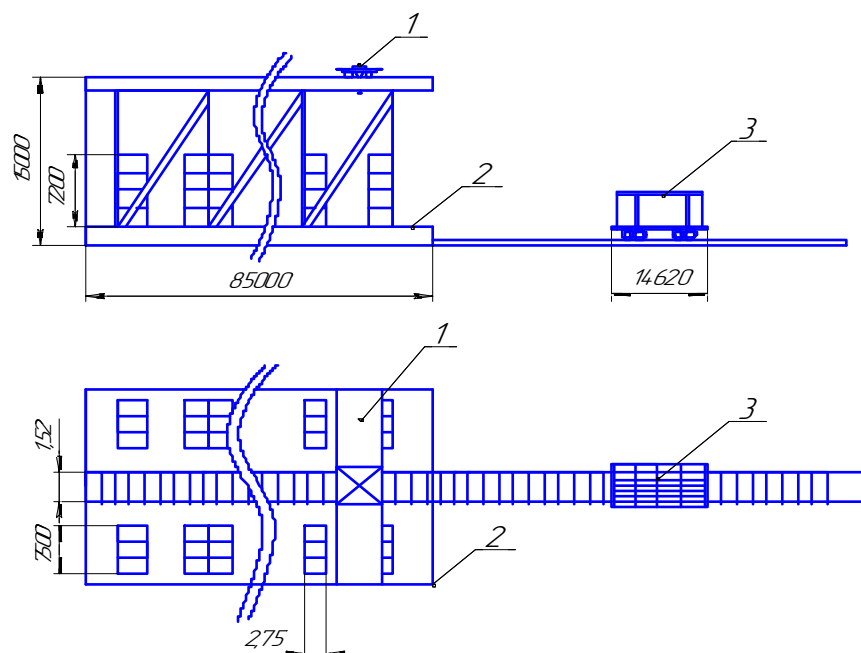


Рис. 1. Схема механизации:
1 – кран мостовой 12,5 м; 2 – склад; 3 – платформа

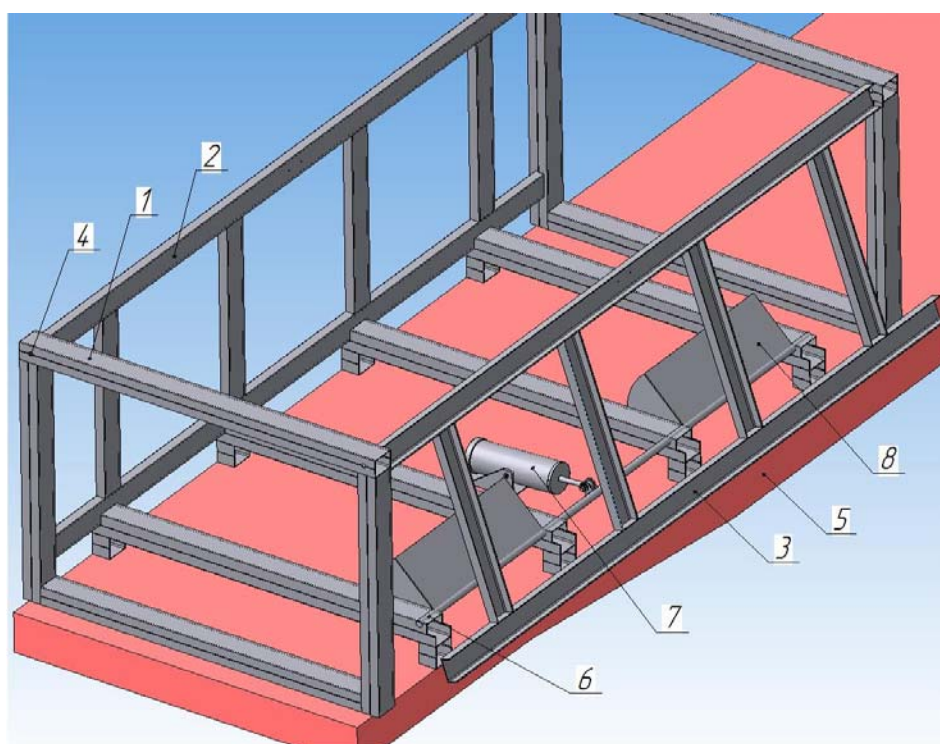


Рис. 2. Проектируемая платформа: 1 – рама; 2-3 – боковые стенки; 4, 6 – шарнир; 5 – платформа; 7 – пневмоцилиндр; 8 – толкатель

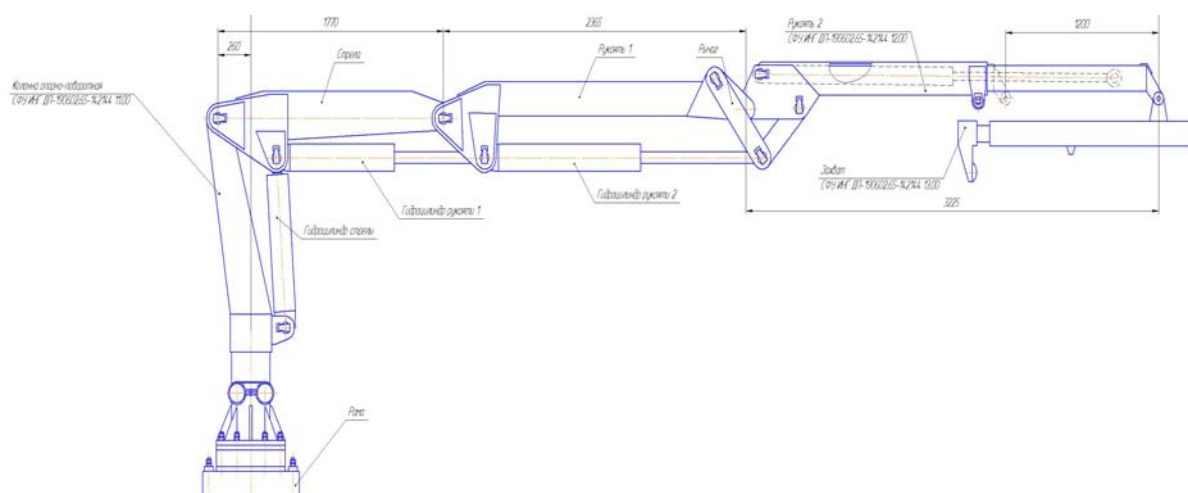


Рис. 3. Гидравлический манипулятор: 1 – рама; 2 – опорно-поворотная колонна; 3 – стрела; 4 – рукоять 1; 5 – рукоять 2; 6 – удлинитель; 7 – рычаги; 8 – тяга; 9 – гидроцилиндр установки стрелы; 10 – гидроцилиндры установки рукояти 1; 11 – гидроцилиндр установки рукояти 2; 12 – гидроцилиндр выдвижения удлинителя

Стрела шарнирно сочленена с рукоятью 1. С рукоятью 1 в свою очередь, шарнирно соединена рукоять 2, привод которой осуществляется с помощью гидроцилиндра через рычажно-шарнирный механизм, состоящий из рычагов и тяги. В корпусе рукояти 2 смонтирован выдвижной удлинитель, перемещение которого осуществляется гидроцилиндром. На конце удлинителя шарнирно крепится головка грузозахватного устройства, предназначенная для осуществления поворота его вокруг вертикальной оси.

Грузозахватное устройство предназначено для захвата шпалы и пакетирования её на платформе. Устройство представляет собой один из видов зажимных захватов:

- клещевой;
- фрикционно-зажимный;
- эксцентриковый.

Гидросистема манипулятора питается от насосной станции, установленной на железнодорожной платформе. Привод всех исполнительных органов – гидравлический.

Манипулятор оснащен приборами безопасности: ограничителем грузоподъемности, звуковым сигналом, креномером, аварийными клапанами. Пульт управления рабочими операциями манипулятора расположен непосредственно на поворотной колонне и включает в себя: кресло оператора, рычаги управления, звуковой сигнал, трап, а также выдвижной тент для защиты оператора от атмосферных осадков, убирающимися в карман сзади кресла.

Таким образом, проведенные расчеты доказывают социальную и экономическую выгоду. Отсутствие выплат на заработную плату, окупает

затраты на конструирование и разработку проекта. Процесс разгрузки происходит в «окна». Их длительность и интервалы между ними уменьшаются, что позволяет снизить напряженность линий железных дорог. И как в следствие, придти к непрерывному повышению скоростей движения поездов.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕХАНИКА МАШИН

УДК 621.865.8

ПРОЕКТИРОВАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО МАНИПУЛЯТОРА ИЗДЕЛИЯ УМРТ

К.С. Квасков

Научный руководитель Е.А. Спирин
Сибирский федеральный университет

УМРТ – универсальная машина для ремонта железнодорожных тоннелей. В ее состав входят автомобиль-тягач «УРАЛ» и прицеп с платформой, на которой и смонтировано все оборудование. Одним из основных элементов системы ремонта является универсальный манипулятор.

Целью работы является создание твердотельной модели универсального манипулятора, удовлетворяющей следующим техническим требованиям:

Кинематические:

- манипулятор должен обеспечить возможность доступа рабочего органа в любую точку однопутного железнодорожного тоннеля;
- поворот гидромолота в плоскости, перпендикулярной продольной оси тоннеля, 58-60 °;
- диапазон вращения манипулятора гидромолота относительно оси вращения тоннеля $\pm 150^\circ$;
- диапазон вращения манипулятора в плане 360 °;
- подача каретки гидромолота 600 мм;

прочностные:

- минимальный коэффициент запаса во всех звеньях конструкции прочности не менее 2;

эксплуатационные:

- питание приводов – гидравлическое;

Решали задачу крепления гидромолота на манипулятор. Для осуществления продольной подачи гидромолота использовали два гидроцилиндра, так как штатное крепление гидромолота не позволяет присоединить к его корпусу гидроцилиндры. Было принято решение создать переходник с использованием резьбовых соединений.

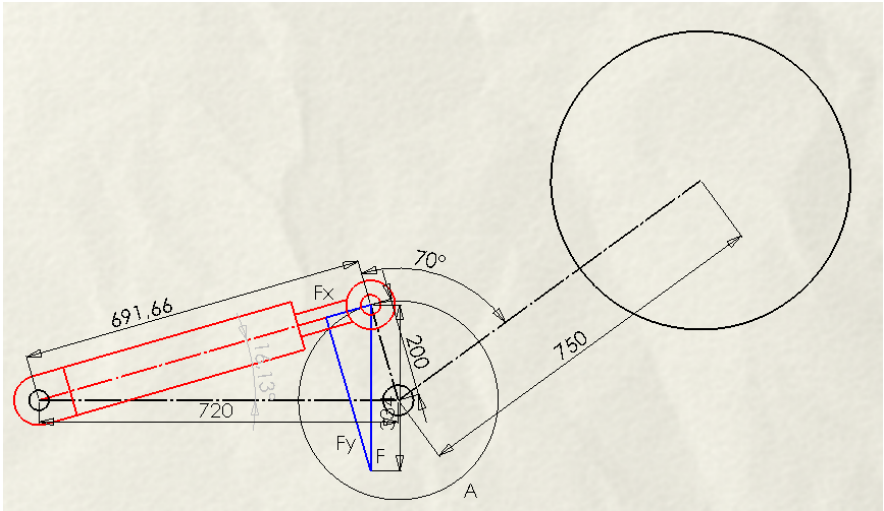


Рис. 2. Кинематическая схема выносного рычага

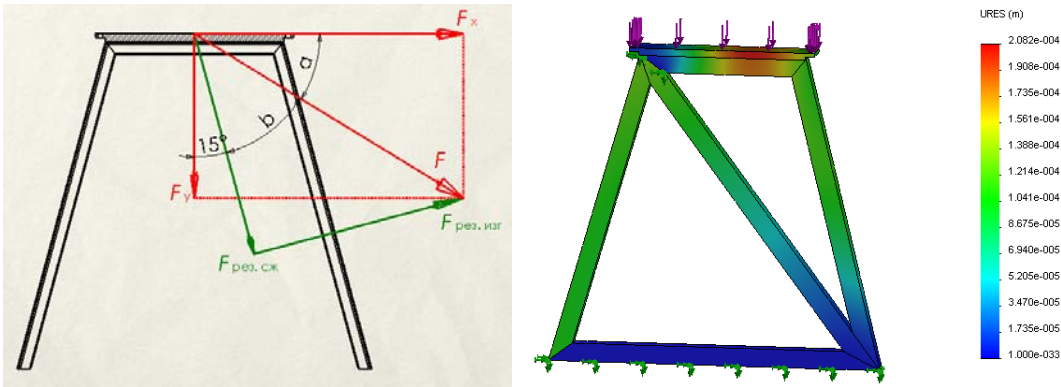


Рис. 3. Определение НДС несущей конструкции

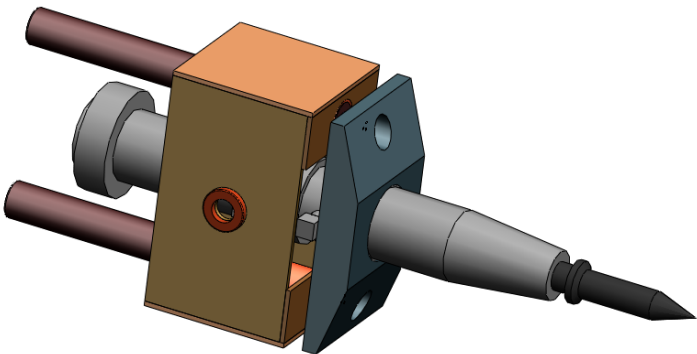


Рис. 4. Насадка гидромолота

Оптимизация балки выносного рычага проводилась исходя из требований обеспечения минимальной массы конструкции при сохранении требуемых прочностных характеристик (рис. 5). (Равная площадь позволила определить размеры сечений, ставящие их в равные условия).

Задачу оптимизации решали путем вариации сечений при условии равной площади поперечного сечения, а следовательно и массы. При этом определяли прогибы от действующих нагрузок, а лучшее решение соответствовало наименьшему прогибу балки.

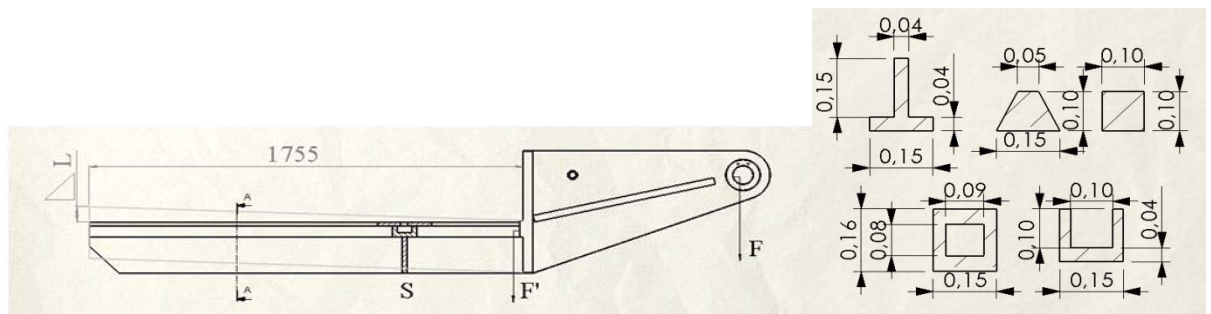


Рис. 5. Оптимизация конструкции выносного рычага

Спроектированный манипулятор состоит из следующих составных элементов (рис. 6): 1 – поворотный рычаг; 2 – планетарный редуктор; 3 – ось вертикального вращения; 4 – опора подшипника скольжения; 5 – насадка гидромолота; 6 – выносной рычаг; 7 – швеллерная опора; 8 – опорно-поворотный круг; 9 – гидромотор ГСТ-190;

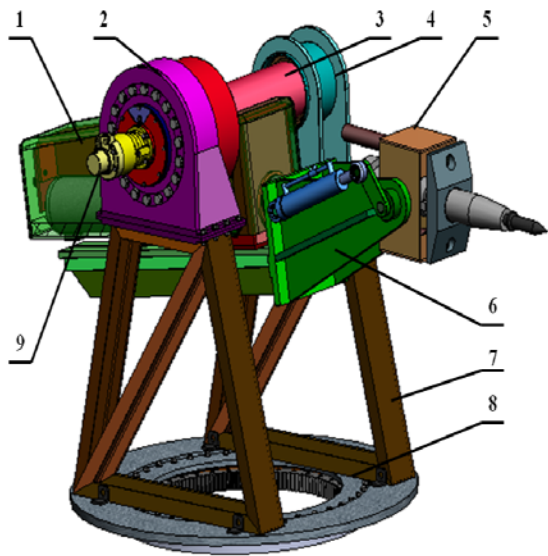


Рис. 5. Модель универсального манипулятора

Результатом работы является твердотельная модель манипулятора, удовлетворяющая техническим требованиям и позволяющая выполнить по ней конструкторскую документацию.

СЕРВИС ДЛЯ ОПЕРАТИВНОЙ РАБОТЫ ПРЕДПРИЯТИЯ

Э.И. Лепп, А.А. Городилов
Научный руководитель М.П. Головин
Сибирский федеральный университет

Предложен подход к построению информационной системы управления проектами в многоуровневой организационной системе в режиме on-line. Информационная система представляет собой совокупность интернет-портала и мобильного приложения, которые взаимодействуют с данными, хранящимися на сервере.

На данный момент в большинстве предприятий, где численность рабочего персонала составляет от нескольких десятков человек до нескольких сотен и даже тысяч, остро стоит проблема их слаженного взаимодействия. Все организации представляют собой иерархические системы: директор (владелец), подчиненные и т. д. Важным моментом в организации управления предприятием является прозрачность выполнения указаний начальства подчиненными. Руководству важно знать, чем занимаются его подчиненные.

При реализации бизнес-процессов в организации начальник ставит перед подчиненным задачи, если у них есть свои подчиненные, они делегируют часть работы им. При этом происходит разделение общей задачи на подзадачи и её уточнение. Этот процесс необходимо оперативно отслеживать в виде документооборота, чем быстрее он будет происходить, тем эффективнее предприятие будет работать. Самый эффективный способ – организовать внутрикорпоративный портал, к которому будет иметь доступ каждый работник предприятия в зависимости от его должности и уровня допуска к информации. В то же время, чтобы взаимодействие внутри предприятия занимало минимум времени, сервис, предлагаемый в статье, включает в себя мобильное программное обеспечение. По той причине, что мобильные телефоны стали неотъемлемой частью нашей жизни и постоянно находятся рядом с пользователем. Вторая составляющая сервиса – интернет-приложение, через которое пользователь получает доступ к проектам прямо на своем рабочем месте.

На рынке представлено достаточно много аналогов подобного программного обеспечения. Ярким примером является корпоративный портал teamlab.com, 42tasks.com. Большинство из них имеют ряд недостатков:

англоязычность;

отсутствие у большинства программ проработки архитектуры вложенных проектов;

подавляющее большинство приложений рассчитаны на работу исключительно в информационных сферах деятельности т. е. разработке сайтов, ПО.

Следовательно, предлагаемое программное обеспечение, в конечном итоге должно соответствовать следующим требованиям для увеличения продуктивности предприятия:

- мобильность;
- простота использования;
- доступность;
- архитектура, позволяющая проектировать сложные проекты;
- адаптация к структуре предприятия;
- документооборот.

Разрабатываемый сервис представляет собой два больших блока, которые взаимодействуют с сервером, хранящим информацию о проектах предприятия.

Интернет-приложение представляет собой сайт со своим адресом в глобальной сети. Таким образом, это позволяет пользователю войти в свое рабочее пространство, защищенное паролем, практически с любого компьютера, подключенного к глобальной сети.

- Интернет-приложение – это сайт с архитектурой, имеющей:
- меню входа в рабочее пространство работника;
 - главное окно, где отображаются активнее и выполненные дела;
 - информация о работнике;
 - назначение задания;
 - составление отчета о выполненном задании;
 - просмотр информации о текущем задании;
 - ежедневник/календарь.

Таким образом, зайдя на свою личную страничку, работник предприятия может:

- составлять задание;
- редактировать задание;
- прикреплять файлы к заданию;
- просматривать ход выполнения задания;
- составлять отчет о выполненном задании.

Одна из основных задач, поставленных при разработке системы, – обеспечить максимальную адаптацию сервиса к деятельности предприятия. Для этого в сервисе реализована возможность настройки связей между пользователями всего сервиса.

Мобильное приложение представляет собой программу, установленную на коммуникаторе работника. Работник также может зайти в глобальную сеть и подключиться к своему личному рабочему пространству. Мобильный клиент сервиса позволяет:

- создавать задание;
- редактировать задание;
- просматривать ход выполнения задания.

Архитектура рабочего пространства в основе остается неизменной. Отличие состоит в том, мобильный клиент является облегченной версией интернет-приложения. Это сделано в связи с тем, что ресурсы памяти коммуникатора ограничены.

Перед тем как описывать принципы работы, следует отметить те приоритеты, на которые стоит ориентироваться при реализации сервиса:

- поддержка нескольких языков;
- архитектура, позволяющая проектировать сложные проекты;
- быстрый доступ к нужной информации;
- гибкость системы, возможность настройки взаимосвязей сервиса.

Интернет-приложение представляет собой портал, который может быть расположен как в глобальной, так и корпоративной сети. Каждый работник предприятия будет иметь свою учетную запись. После авторизации он оказывается в личном кабинете, в котором отчитывается по проектам, создает новые задачи и раздает указания по выполнению своим подчиненным.

Важной особенностью данного интернет-приложения является построение иерархических отчетов, т. е. пользователь, у которого есть подчиненные, может просматривать, как они работают по его задачам, как их декомпозировали и делегировали своим подчиненным. Это достигается путем использования иерархического представления как работников, так и задач, т. е. строится дерево задач к глобальной задаче, расположенной на верхнем уровне, прикрепляются дочерние задачи.

При этом в рамках одной глобальной задачи, определенной на самом высоком уровне, начальству будет видно, кто и чем занимается. Такой подход позволяет оперативно управлять выполнением глобальных задач и отслеживать прогресс выполнения по отдельным работникам.

Для реализации мобильного приложения была выбрана мобильная платформа Android. Этот выбор был сделан по двум причинам:

- эта платформа является свободно распространяемой, что подразумевает под собой открытость исходного кода платформы;
- в будущем предполагается, что платформа станет самой популярной в мире. На данном этапе количество активаций новых коммуникаторов на платформе достигло 300 тыс. в день;

Мобильное приложение придерживается политики тонких клиентов в работе с сервером. Это означает то, что приложение, через определённые промежутки времени делает SQL-запросы к серверу для обновления информации о заданиях внутри приложения.

В результате получаем сервис, который удовлетворяет главной цели – увеличение производительности предприятия. Также в сервисе успешно реализованы следующие моменты:

- мобильность;
- простота использования;
- доступность;
- архитектура, позволяющая проектировать сложные проекты;
- адаптация к структуре предприятия;
- документооборот.

УДК 321.313+УДК 004.428

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАТОРА НИЗКОСКОРОСТНОГО ТОРЦЕВОГО СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА В СРЕДЕ SOLIDWORKS

В.В. Карпенко

Научный руководитель М.П. Головин

Сибирский федеральный университет

В статье рассматриваются логика и реализация автоматизации конструирования одного из основных компонентов торцевого синхронного генератора – статора. Автоматизация реализована в рамках компьютерной среды поддержки жизненного цикла микроГЭС от синтеза параметров до технологической подготовки производства. Автоматизация конструирования статора – одна из подсистем единой системы.

Входные параметры подсистемы конструирования отдельных деталей и узлов статора – это главным образом выходные данные электромагнитной модели генератора, а также некоторые другие параметры, например требуемые габаритные размеры генератора.

Алгоритмы конструирования активной части генератора основаны на обобщении опыта конструирования таких генераторов мощностью от 1 до 10 кВт и испытаний 2005-2010 г.

На выходе подсистемы формируется полный список параметров эскизов, операций деталей и сборок в виде

$D_i @ \text{Эскиз}_i @ \text{Деталь},$

где D_i – i -й размер, уникальный в пределах текущего эскиза; эскиз_i – i -й эскиз, уникальный в пределах текущей детали; деталь – деталь, уникальная в пределах текущей под сборки.

Такой вид обеспечен представлением ссылок в самой среде Solid-Works. Для обеспечения максимальной четкости восприятия выходные параметры подсистемы формируются именно в таком виде.

Основная проблема на этапе программирования – выявление зависимостей конструирования, от которых зависит корректность перестроения 3D-модели генератора микроГЭС.

Конструирование статора начинается с обмоточного модуля (рис. 1). Этот этап начинается с построения траекторий проводников и расположения зубцов статора. После построения первого витка на его основе строят все остальные, отступая от базового витка на толщину провода или витка и зубца статора. Толщина всей обмотки зависит от диаметра проволоки.

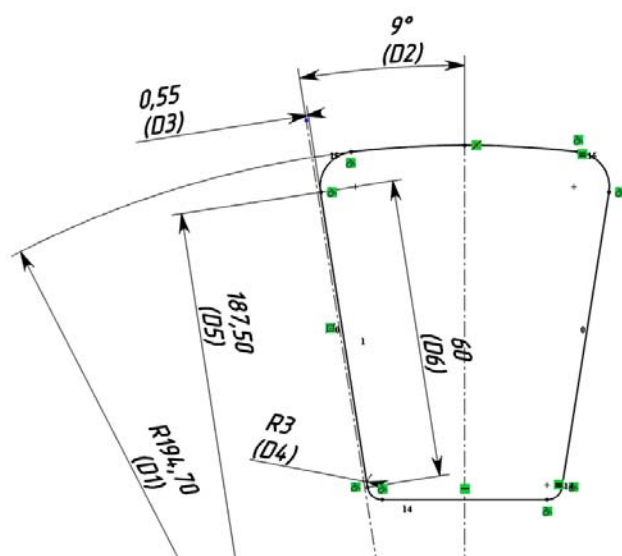


Рис. 1. Виток обмоточного модуля

Основной деталью, формирующей статор, является каркас модуля, на котором будет собираться обмоточный модуль (рис. 2). Каркасная намотка модуля обеспечивает:

- автоматизацию процесса намотки, а следовательно, минимальный разброс характеристик, качество, снижение трудоемкости изготовления;
- жесткость сборки за счет плотного контакта каркасов и использования замковых элементов;
- гарантированную защиту от короткого замыкания витков на пластины магнитопровода.

Каркас позволяет сделать обмоточный модуль более качественным, и независимым от человека или машины, которые будут его наматывать. Так как каркас имеет свою жесткость и не крепится к ярму, это позволяет избежать отслаивания ярма статора. Каркасы собираются вместе и фиксиру-

ются с помощью замков и клиньев, последние, в свою очередь, состоят из заливки и пластин электротехнической стали.

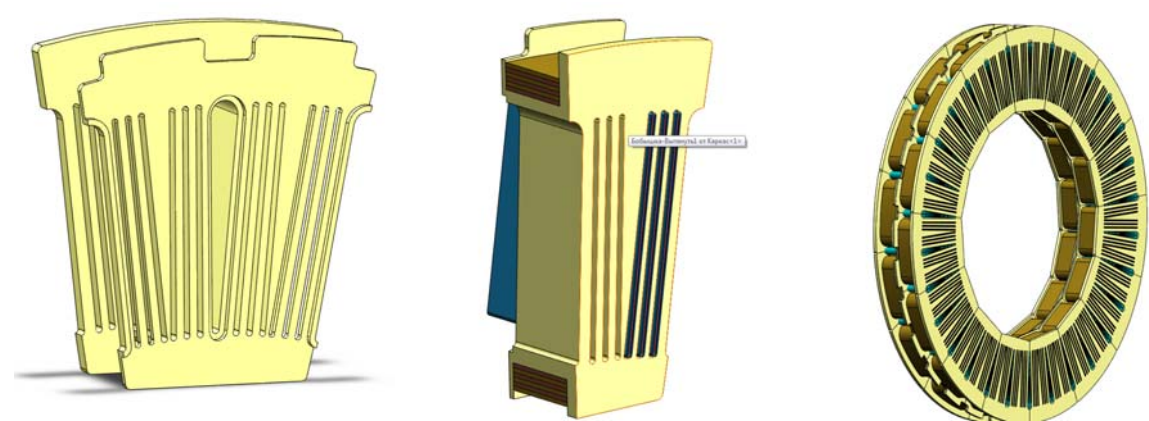


Рис. 2. Твёрдотельная модель каркаса и их массив

Размеры ярма определяются еще на этапе электромагнитного расчета в другой подсистеме, а его размеры формируются в этой подсистеме. Размеры наружного и внутреннего кольца определяются наружным и внутренним размерами каркаса и его шириной. Эти кольца обеспечивают жесткость конструкции и стопорение от крутящего момента.

Алгоритм конструирования статора представлен на рис. 3.

Список входных параметров представлен в табл. 1.

Таблица 1. Список входных параметров

Параметр	Размерность	Источник данных
Число пар полюсов	шт	Электромагнитная модель
Наружный активный диаметр	мм	
Внутренний активный диаметр	мм	
Наружный диаметр по лобовым	мм	
Внутренний диаметр по лобовым	мм	
Высота ярма	мм	
Высота зубца	мм	
Активная длина	мм	
Толщина пластины	мм	
Размеры провода обмотки статора	мм ²	
Количество витков в двойном пазу	-	
Количество зубцов статора	-	
Количество пазов в пакете модуля	-	



Рис. 3. Алгоритм конструирования статора

Автоматизация расчета параметров реализована в виде набора процедур и функций, помещенных в Dynamic Link Library (DLL). Такая реализация необходима для распараллеливания задач, удобства отладки и написания программного кода, экономии оперативной памяти при работе всего приложения.

Библиотека использует модули расчета, состоящие из классов, в которых имеется один и тот же набор процедур и функции, обеспечивающих чтение данных из БД, реализацию алгоритма и запись полученных результатов. Приведем таблицу описания классов, реализующих алгоритм конструирования в соответствии со структурой статора (табл. 2).

После выполнения расчетов получаем полный список параметров, необходимых для перестройки модели генератора.

Таблица 2. Описание иерархии классов

Определение	Описание
TCalcStator	Основной класс, где рассчитывается ярмо, кольца статора, происходит вызов процедуры calc у зависимых классов
TCalcUnit	Зависимый класс от TCalcStator, в нем производится расчет витков обмотки и пакета пластин (зубцов статора)
TCalcKarkas	Зависимый класс от TCalcStator, в нем производится расчет каркаса под обмоточные модули и клина

Создание таких автоматизированных подсистем позволяет сократить время на разработку аналогичных конструкции, не отличающихся компоновочной схемой, путем масштабирования модели.

УДК 321.313+004.428

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ РОТОРА НТСГ В ИНТЕГРИРОВАННОЙ СРЕДЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SOLIDWORKS

Е.В. Карпенко
Научный руководитель М.П. Головин
Сибирский федеральный университет

По гранту Роснауки было необходимо разработать единую среду конструкторско-технологического проектирования микроГЭС, часть которой подсистема конструирования ротора низкоскоростного торцевого синхронного генератора (НТСГ), реализованная в SolidWorks. Результат работы подсистемы – корректная модель сборки ротора (см. рис. 1).

Решение проблемы включает в себя несколько этапов:

1. Анализ дерева конструирования ротора с целью выявления всей совокупности элементов модели и их параметров, достаточной для ее воспроизведения, отвечающей любым заданным характеристикам генератора.

2. Анализ конструкции ротора и его компонентов с позиций логики конструирования, обеспечения отказоустойчивости и технологичности конструкции.

3. Реализация логики конструирования в виде алгоритма.

4. Реализация подсистемы как динамической библиотеки, представляющей собой совокупность классов и подпрограмм, обеспечивающих чтение входных данных из БД, реализацию вычислений, сохранение результатов.

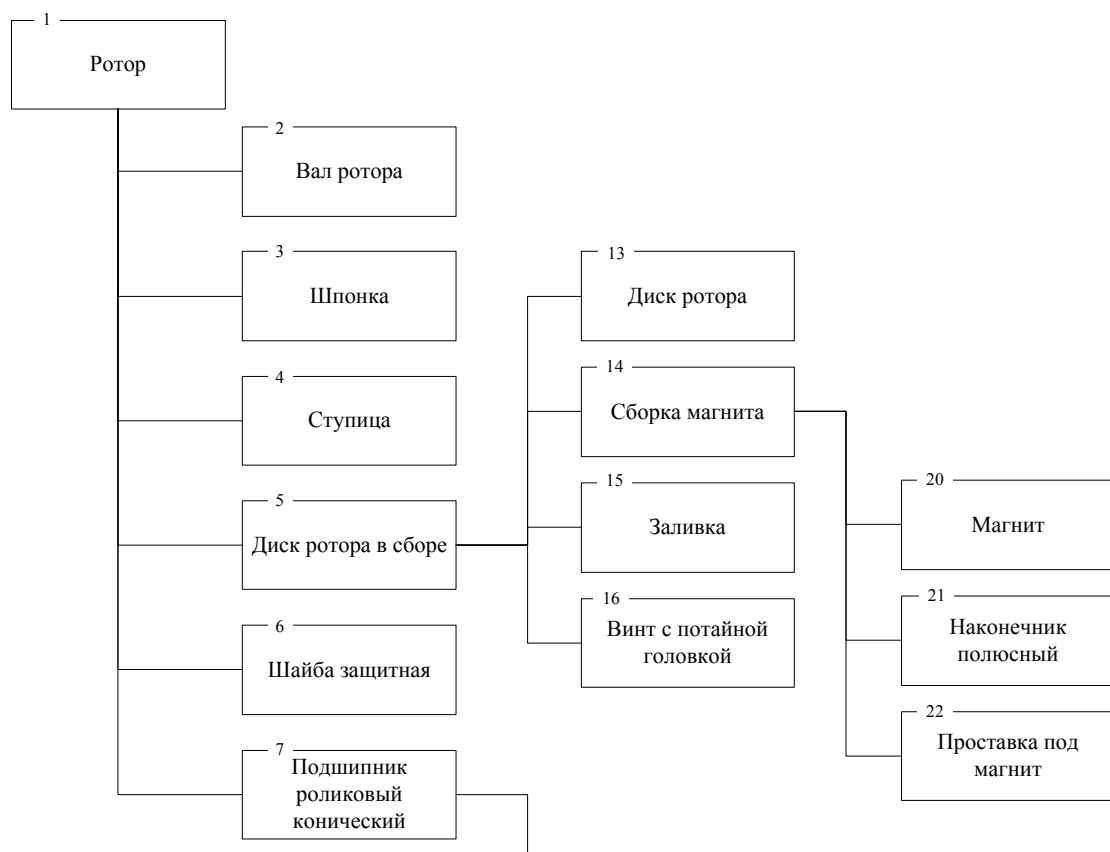


Рис. 1. Дерево конструирования ротора

Входные параметры для конструкторского расчета получают из модуля микроГЭС – проектировщик, разработанного коллективом в рамках гранта Роснауки. Входные параметры для конструирования ротора получены по результатам синтеза параметров генератора: мощность, частота вращения, высота, ширина и толщина магнита, ширина полюсного наконечника по внутреннему и внешнему диаметру, длина и толщина полюсного наконечника, толщина и диаметр диска ротора.

Дерево конструирования ротора – это структура и последовательность сборки ее из деталей и стандартных компонентов (рис. 1). Базовой деталью, с которой начинается расчет, выбран вал. Вал как деталь, несущая на себе остальные детали и сборки и подверженная действию сторонних сил и моментов, должна отвечать всем критериям работоспособности (прочность, жесткость).

Следующий этап – конструирование ступицы. Участок вала под ступицу проектируется из расчета, что диск ротора и сама ступица должны быть симметричны относительно подшипников. Ступица должна быть прочной в месте крепления к ней диска ротора. По результатам САЕ-анализа, толщина фланца ступицы равна толщине диска ротора. Минимальная толщина диска ротора определяется электромагнитным расчетом. Задача конструирования заключается в подборе оптимальной толщины

диска ротора с учетом электромагнитной модели, условий прочности болтов на разрыв от затяжки и минимально возможной массы. При подборе стандартных изделий, таких как шпонки, шайбы, подшипники, болты, гайки и прочее, использованы данные справочников и проверочных расчетов. При конструировании полюсного наконечника учитываются размеры магнита. Высота полюсного наконечника равна высоте магнита плюс два диаметра шляпки винтов для крепления.

Кроме вышеперечисленных принципов, при расчете параметров учтены следующие ограничения и критерии:

- реализуемость конструктивного решения для этих данных;
- минимизация трудоемкости изготовления;
- технологическая реализуемость конструкции на предприятии-изготовителе;
- соразмерности деталей и сборок.

Рассмотрим процесс алгоритмизации на примере вала. Список геометрических параметров, получаемых в результате работы подсистемы, имеет вид:

$D_i @ \text{Эскиз}_i @ \text{Деталь},$

где D_i – i -й размер, уникальный в пределах текущего эскиза; Эскиз_i – i -й эскиз, уникальный в пределах текущей детали; Деталь – деталь, уникальная в пределах текущей под сборки; @ – разделитель.

Эта форма представления параметров используется в SolidWorks и реализована в подсистеме. В табл. 1 показан фрагмент алгоритма расчета параметров вала. Расчет начинается с входного конца вала, диаметр которого зависит от заданной мощности и частоты вращения. Далее по установленным закономерностям либо выборкой из таблиц справочников определяются размеры других участков вала (диаметры и длины). Работоспособность вала, а в частности, жесткость, проверяется в другой подсистеме.

Таким образом, путем итерационного подхода в расчете параметров и их проверки, определяется наиболее оптимальная конструкция вала и других деталей с заданными входными параметрами.

Этот алгоритм реализован в виде подсистемы. Подсистема представляют собой, динамически подключаемую библиотеку (DLL). Все библиотеки системы имеют одинаковый набор экспортируемых функций (табл. 2).

Функция Calc создает объект класса TWorkModule, который производит расчет задачи. Этот объект имеет следующие поля (табл. 3).

Приведем описание классов DDL (табл. 4).

На рис. 2 показана модель ротора. Программный продукт не меняет конструктивных параметров и взаимосвязей деталей в сборке, позволяет подобрать из таблиц или рассчитать геометрические параметры.

Таблица 1. Выходные параметры алгоритма конструирования

Обозначение размера	Наименование размера	Значение	Ед.изм.	Формула для вычисления	Примечание
D21@Эскиз1@Вал ротора	Диаметр входного конца вала	38	мм	$D21@Эскиз1@Вал ротора \geq 6 \cdot \sqrt[3]{9550 \cdot \frac{P}{\omega}}$	Округление до большего стандартного значения
D45@Эскиз1@Вал ротора	Диаметра участка вала для захвата	33	мм	$D45@Эскиз1@Вал ротора \leq D21@Эскиз1@Вал ротора - 4$	Округление до меньшего стандартного значения
D20@Эскиз1@Вал ротора	Диаметр участка вала для установки упорного кольца	42	мм	$D20@Эскиз1@Вал ротора \geq D21@Эскиз1@Вал ротора + 4$	Округление до большего стандартного значения
D5@Эскиз1@Вал ротора	Диаметр участка вала под подшипник	45	мм	$D5@Эскиз1@Вал ротора \geq D20@Эскиз1@Вал ротора + 3$	Округление до большего стандартного значения
D30@Эскиз1@Вал ротора	Диаметр центрального отверстия	5	мм		Выбирается из таблицы в зависимости от D5@Эскиз1@Вал ротора (Анурьев т.1, стр. 524)
D36@Эскиз1@Вал ротора	Диаметр центрального отверстия	16	мм		Выбирается из таблицы в зависимости от D5@Эскиз1@Вал ротора (Анурьев т.1, стр. 524).

Таблица 2. Функции, экспортируемые расчетными модулями

Определение	Описание
function Calc (inObjectId: integer; servername, databasename, username, password: string):boolean;	Функция выполняет расчет одного варианта ротора. Входные параметры для расчета получают, передавая в inObjectId servername, databasename, username, password (имя сервера, имя базы данных, имя пользователя, пароль пользователя)
function GetInputList: TStringList;	Функция возвращает список входных параметров, необходимых для решения задачи модуля в формате имя параметра, тип параметра (целое число, дробное число, строка, сущность)
function GetName: string;	Функция возвращает название решаемой задачи.

Таблица 3. Поля класса TWorkModule

Определение	Описание
fInputParam: TParamList;	Данные класса, содержащие список входных параметров, необходимых для расчета задачи
fOutputParam: TParamList	Данные класса, содержащие список выходных параметров задачи
fConnection: TConnection	Данные класса, необходимые для подключения к базе данных
fExecute,fExecute2: TExecuteObject	Данные класса, обеспечивающие выполнение SQL-запросов при работе с БД
fInObjectId: integer	Данные класса, содержащие идентификатор сущности входных параметров.

Таблица 4. Описание классов подсистемы

Определение	Описание
TCalcRotor	Основной класс, где рассчитываются параметры сборки, содержит методы для подбора табличных значений
TCalcVal	Класс, зависимый от TCalcRotor, позволяет рассчитать геометрические размеры вала
TCalcStupica	Класс, зависимый от TCalcVal, позволяет рассчитать геометрические размеры ступицы
TCalDiscRotora	Класс, зависимый от TCalcStupica, позволяет рассчитать геометрические размеры диска ротора
TCalcMagnit	Класс, зависимый от TCalcRotor, позволяет рассчитать геометрические размеры магнита с учетом электромагнитной модели
TCalcNakonechnik	Класс, зависимый от TCalcMagnit, позволяет рассчитать геометрические размеры полюсного наконечника.

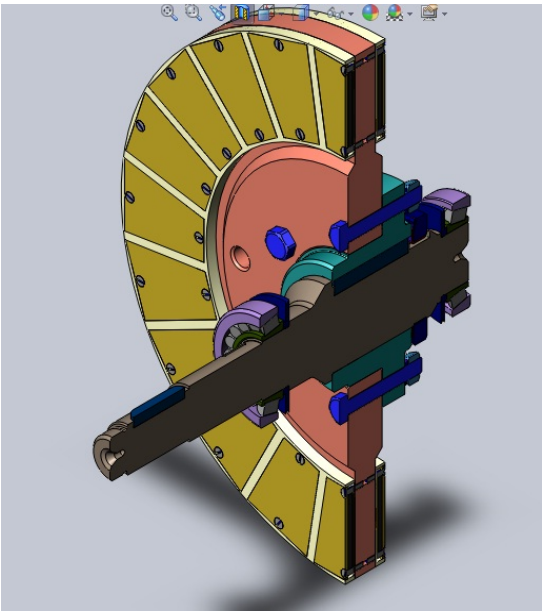


Рис. 2. Ротор в сборе

Таким образом, разработка интегрированной среды, позволяющей изменять геометрические параметры базовой модели изделия и автоматически генерировать конструкторскую и технологическую документацию активной части ротора, значительно ускоряет процесс проектирования изделия или модификацию существующей конструкции. А это особенно актуально при проектировании изделий, представленных размерно-подобными рядами, когда одно изделие от другого отличается геометрическими размерами, конструкция же остается одной и той же.

УДК 620.93

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ, РЕАЛИЗУЮЩЕГО АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫЙ РАСЧЕТ АКТИВНОЙ ЧАСТИ ТОРЦЕВОГО СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА

Д.И. Морозов, Т.Е. Симович
Научный руководитель Н.А. Колбасина
Сибирский федеральный университет

Между обмотками ротора и магнитами статора действует сила тяжения, величина которой существенно зависит от величины воздушного зазора. При допустимых значениях воздушного зазора система «ротор-статор» находится в равновесии. При увеличении воздушного зазора величина силы магнитного тяжения между обмотками и магнитами уменьшается, а при уменьшении – сила тяжения увеличивается, что может привести к полному обнулению воздушного зазора, из-за чего произойдет залипание статора и ротора. Такие изменения воздушного зазора могут возникнуть в результате деформации вала ротора под воздействием сил тяжести и тяжения, других воздействий, возникающих в системе.

Таким образом, становится актуальным определение деформаций конструкции ротора с целью обеспечения требуемой величины воздушного зазора,

Целью данной работы является создание модуля автоматизированного расчета конечно – элементной модели активной части торцевого низкоскоростного синхронного генератора. Для достижения поставленной цели, необходимо решить следующие задачи:

1. Информационный анализ инструментов для препроцессинга геометрии в пакет ANSYS.

2. Разработка твердотельной модели активных частей генератора в пакете ANSYS.

3. Параметризация рабочей области.

4. Автоматизированное задание сил тяжения.

5. Конечно-элементный расчет полученной конструкции.

Если результаты решения указывают на необходимость внесения изменений в проектную разработку, то требуется изменить геометрию модели и повторить весь процесс. Такой подход может оказаться весьма дорогостоящим и длительным, особенно для сложных моделей и при большом числе вносимых изменений. Эта проблема была решена путем использования языка параметрического проектирования APDL, который является основой при построении твердотельных моделей в ANSYS. В APDL есть возможность использования параметров в качестве объектов, от которых зависит выполнение некоторой процедуры, и с помощью которых можно снабдить геометрические размеры модели (и другие ее составляющие), предоставляя пользователю возможность менять их при последующем анализе. Это существенно сокращает время работы, потраченное на анализ той или иной задачи.

Библиотека ANSYSRotorAnalyse является подсистемой программного комплекса «Система микроГЭС – проектировщик» и предназначена для проведения конечно-элементного расчёта с целью проверки работоспособности генератора по следующим критериям:

анализ максимальных осевых деформаций диска ротора на наружном диаметре, влияющих на эксплуатационные показатели торцевой машины. Критерием работоспособности здесь выступает условие $\delta_{\max}^E \leq [\delta]$, где $\delta_{\max}^E$ – максимальное перемещение диска ротора в осевом направлении, δ – воздушный технологический зазор. В случае нарушения этого условия происходит залипание между диском ротора и торцевыми поверхностями пазов обмотки статора;

локализация мест концентраций напряжений, а также исследование в них максимальных эквивалентных напряжений. Критерием работоспособности выступает условие $S = \frac{[\sigma_{\text{тек}}]}{\sigma_{\max}} \geq 1,2$, где S – коэффициент запаса,

$\sigma_{\max}$ – максимальные эквивалентные напряжения в местах концентраций напряжений, $\sigma_{\text{тек}}$ – предел текучести материала. Расчёт максимально допустимых напряжений происходит по теориям: максимальных касательных напряжений; максимальных эквивалентных напряжений; максимальных растягивающих напряжений и Мора-Кулона.

В качестве трёхмерной модели для структурного расчёта работоспособности генератора возникла необходимость автоматизированного моделирования ротора и вала. Использование существующей твердотельной модели, выполненной в CAD-среде SolidWorks, является нецелесообраз-

ным из-за необходимости упростить и адаптировать эту модель к структурному расчёту системы Ansys. Такими упрощениями являются:

- использование сборки наконечника магнита в виде единой детали;
- удаление крепежных отверстий наконечника магнита;
- удаление шпоночного соединения вал-основание ротора;
- удаление скруглений и фасок на диске и основании ротора;
- удаление сборок подшипников;
- удаление отверстий для болтового соединения диск ротора-основание ротора.

Структура библиотеки представляет собой набор модулей, взаимодействующих друг с другом. Алгоритм работы подсистемы следующий (рис. 1):

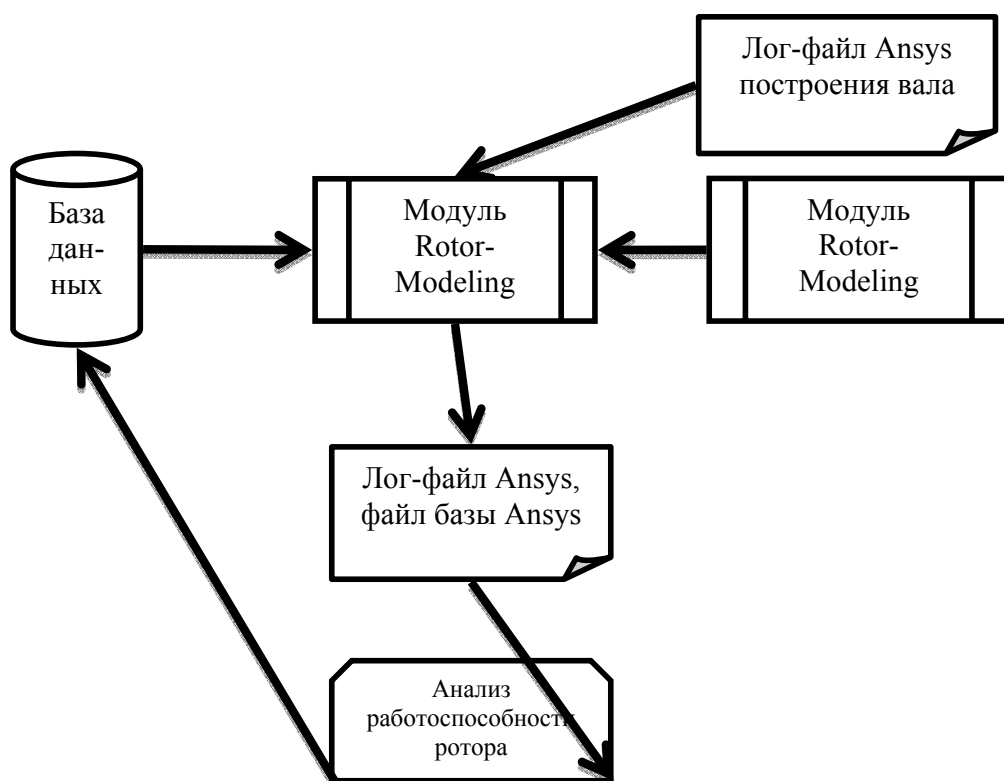


Рис. 1. Алгоритм использования библиотеки ANSYSRotorAnalyse

1. Модуль RotorModeling считывает геометрию ротора из базы данных комплекса «Система микроГЭС-проектировщик». Входные параметры, которые использует подсистема ANSYSRotorAnalyse, рассчитываются подсистемами «оптимизационный расчёт генератора» и «модуль конструирования».

2. Пользователь выбирает показатель «Качество сетки».

3. Формируются файлы, необходимые для структурного расчёта ротора.

4. Проектировщик, обладающий навыками работы с системой Ansys, анализирует полученную расчётную модель и делает вывод о работоспособности генератора.

5. Проектировщик вносит в базу данных значения, характеризующие работоспособность генератора. Выходной параметр «Работоспособность ротора» может принимать одно из следующих значений: «работоспособен», «неработоспособен», «ошибка при расчёте». Последнее значение присваивается параметру, если при попытке произвести расчёт Ansys выдал сообщение об ошибке. Это может быть причиной ряда факторов: недостаточно мощный компьютер для того, чтобы произвести расчёт; геометрия, передаваемая из базы, – некорректна, а значит, следует проверить все значения, хранимые в базе данных.

В результате была создана программная библиотека ANSYSRotorAnalyse, которая существенно сокращает время создания расчётной конечно-элементной модели торцевого синхронного генератора. С учётом количества различных вариантов геометрических параметров генератора ранее невыполнимая задача оценки работоспособности всех вариантов из коллекции становится вполне осуществимой. Благодаря реализации модуля в виде динамически подключаемой библиотеки dll он легко подключается к интегрированному комплексу «Система микроГЭС – проектировщик», а её функционал в дальнейшем может использоваться сторонними разработчиками.

УДК 681.3.06

АНАЛИЗ БЕСПЛАТНЫХ И УСЛОВНО-БЕСПЛАТНЫХ CAD-СИСТЕМ

М.С. Богорад, А.А. Попков
Научный руководитель А.А. Городилов
Сибирский федеральный университет

В современном мире отмечается тенденция создания бесплатных, доступных любому человеку программ, начиная от маленьких утилит и заканчивая аналогами, пусть и упрощёнными, таких программ, как Photoshop и CodeGear.

В работе проведен анализ бесплатных CAD-систем, целью ответа на вопрос: возможно ли использование этих систем для некоторых задач нашей специализации, т. е. САПР.

Программы для 2D-проектирования.

Solid Edge 2D. 2D-версия программы Solid Edge. Лицензия в отличие от других бесплатных версий дорогих программ позволяет и коммерческое использование, в чем несомненный плюс. В программе Solid Edge 2D Free присутствуют все функции Solid Edge, относящиеся к 2D-построениям.

A9CAD очень простой аналог AutoCAD. Сохраняет чертежи в формате DWG и DXF.

NanoCAD 2D САПР сделан в России. Находится в стадии бета-теста. Некоторые из продуктов фирмы бесплатны и доступны для коммерческого пользования, требуется лишь простая регистрация.

Free2Design. Полностью бесплатная, 2D-система, поддерживающая стили, размеры и надписи, форматы DXF/DWG, присутствуют видеоуроки на оф сайте, открытый API.

Сравним данные системы в табл. 1.

Таблица 1. Сравнение 2D CAD-систем

	Solid Edge 2D	A9CAD	NanoCAD	Free2Design
Возможность коммерческого использования	+	+	+	+
Интерфейс	Понятен	Понятен	Возникают сложности	Сложный для восприятия
Возможность конвертирования	+	+	+	+
Программные возможности	+	Только основные	Ограниченные	Широкие

Итак, из приведенной таблице делаем вывод, что для 2D-проектирования вполне реально использовать бесплатный пакет Solid Edge 2D, как обладающий наиболее широкими возможностями. Возможно использование программы Free2Design, полностью открытой, с возможностью применения API.

FreeCAD. Трехмерная САПР для твердотельного проектирования. Это проект с открытым исходным кодом (GPL и LGPL лицензии). Основное предназначение FreeCAD – машиностроение.

Учебная версия T-FLEX CAD T-FLEX CAD с ограничениями.

КОМПАС-3D LT. Облегченная версия известной системы КОМПАС. Предназначена только для использования в ознакомительных и учебных целях.

Возможности программы существенно урезаны, кроме того, несмотря на то, что сохраняет файлы она в тех же расширениях, без специальной лицензии невозможно открыть сохраненные проекты в профессиональной коммерческой версии.

Blender – англоязычная программа, обладающая широкими возможностями, но не ориентированная на машиностроение.

Gmax. Позволяет создавать трехмерные модели, применять к моделям материалы, настраивать освещение, создавать анимацию с 3D-объектами, отсутствует рендеринг (визуализация) — построение фотореалистичного изображения и анимации, англоязычный интерфейс.

Существуют и другие англоязычные системы, но функционально они не имеют больших отличий от Blender.

Таблица 2. Сравнение 3D CAD-систем

	FreeCAD	Учебная версия T-FLEX CAD	КОМПАС-3D LT	Blender	Gmax
Возможность коммерческого использования	+	-	-	+	+
Интерфейс	Сложный для восприятия	Понятен	Знакомый	Сложный для восприятия	Сложный для восприятия
Машиностроительная направленность	+	+	+	-	-
Программные возможности	Ограниченные	Только основные	Ограниченные	Широкие	Широкие
Русская локализация	-	Неоф.	+	-	Неоф.

Итак, для учебного процесса можно использовать учебную версию T-FLEX CAD и КОМПАС-3D LT, так как они обладают знакомым интерфейсом, но стоит учитывать, что возможности их ограничены. Поэтому, для построения 3D и чертежей моделей можно использовать FreeCAD, но для него не существует русской локализации и требуется дополнительная установка шаблонов оформления по СТО, ГОСТ и т.д. (табл. 2).

ВООРУЖЕНИЕ И ВОЕННАЯ ТЕХНИКА

УДК 336.1.07

ЗАДАЧИ И ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ СВЯЗИ И ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА МЕЖДУ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫМИ ФИНАНСОВЫМИ ОРГАНАМИ

В.В. Юзефович
Научный руководитель Д.С. Ермоленко
Сибирский федеральный университет

Главной задачей организации связи между абонентскими пунктами посредством общедоступной сети Интернет является оптимизация существующих механизмов обмена информацией между разными объектами документооборота. В настоящее время нет централизованной электронной системы обмена информации между территориальными финансовыми органами (ТФО), но при этом практически повсеместно применяются аппаратно-программные средства для ведения внутреннего документооборота, в том числе бухгалтерского и экономического. При этом каждый хозяйствующий субъект имеет собственную систему учета, которая взаимодействует с вышестоящими службами исключительно по стандартизированным протоколам без использования электронных каналов связи, что не позволяет в полной мере эффективно применять данные средства ведения учета.

С точки зрения финансовых отношений между ТФО практически повсеместно применяется система ведения учета на базе морально устаревшей программной платформы 1С V.7. При этом система имеет широкие возможности по усовершенствованию и централизации ведения внутреннего финансово-экономического документооборота. На основании изучения опыта создания аналогичных систем в коммерческих и бюджетных учреждениях можно утверждать, что экономическая эффективность внедрения при правильной настройке достаточно велика.

При правильной конфигурации программного обеспечения и коммуникации между пунктами и настройке системы на терминальный режим доступа можно вести полностью централизованный учет, что позволит более эффективно получать и распоряжаться информацией. При этом число

планируемых к подключению абонентских пунктов в военных округах достаточно велико, что свидетельствует о крупном масштабе планируемых к построению вычислительных сетей.

Указанные выше нормативно-правовые документы в настоящее время не дают полного и детального описания архитектуры и технологий, с помощью которых можно было бы реализовать решение данных задач, однако можно точно поставить основные задачи, которые должна решать данная система:

1. Обеспечение непрерывного постоянного бесперебойного доступа к информации в любое время с используемых коммутируемых каналов связи.

2. Обеспечение безопасного надежного хранения обрабатываемой информации и системы резервного копирования.

3. Обеспечение возможности автоматической архивации и репликации данных с последующим доступом к формируемым архивам.

4. Формирование в автоматическом режиме отчетности хозяйствующего субъекта.

5. Передача сформированной отчетности в соответствующие органы по электронным каналам связи.

УДК 621.391

ПОИСК ШУМОПОДОБНОГО СИГНАЛА ДЛЯ ЗАДАЧ СИНХРОНИЗАЦИИ РАДИОНАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

А.С. Ахметшин

Научный руководитель Е.В. Кузьмин

Сибирский федеральный университет

В морских радионавигационных системах с опорными станциями (ОС) наземного базирования требуется высокоточная синхронизация их шкал времени, для чего применяется аппаратура потребителей спутниковых радионавигационных систем (АП СРНС). Бывают случаи, когда по ряду причин невозможно синхронизировать ОС от АП СРНС. Тогда остро встает задача автономной синхронизации опорных станций. Необходимо оценить временное положение прихода сигнала от ведущей станции с высокой точностью. На практике оценка временного положения реализуется в два этапа: поиск и слежение. Поиск сигнала производит грубое измерение временных параметров и позволяет выполнить предварительную оцен-

ку для обеспечения работоспособности схемы слежения. Слежение – оценка временного положения с точностью до фазы, реализуемая специализированными схемами.

Так как в морской радионавигационной системе используется квазинепрерывный шумоподобный сигнал минимальной частотной манипуляции (ШПС-МЧМ) с большой базой, видимой сложностью разработки системы синхронизации является реализация модуля поиска ШПС-МЧМ. Это параллельная многоканальная корреляционная обработка, однако в этом случае реализационные затраты максимальные. Чтобы обеспечить минимальные реализационные затраты можно воспользоваться последовательным временным поиском, но он не будет обеспечивать быстрый поиск.

Цель исследования: разработка алгоритмов быстрого поиска ШПС-МЧМ методом согласованной фильтрации.

Интерес представляет то, что ОС неподвижны, поэтому задачу приема сигнала можно решить с помощью согласованного фильтра (СФ), порогового устройства и блока компенсации задержки. Ведущая ОС излучает сигнал, ведомые ОС принимают сигнал и должны обеспечить нахождение временного положения паузы, имеющейся в каждом цикле излучения (T_u), скомпенсировать известную задержку на распространение и аппаратные задержки, после чего выдать сигнал разрешения на излучение.

Математическая модель ШПС-МЧМ в комплексной форме:

$$\dot{s}_{\text{мчм}}(t) = AD(t)\dot{S}(t)\exp\left[j\left(2\pi f_0 t - \varphi_0\right)\right], \quad (1)$$

где A – амплитуда сигнала; $D(t)$ – информационный сигнал; f_0 – центральная частота; φ_0 – начальная фаза; $\dot{S}(t)$ – комплексная огибающая вида:

$$\dot{S}(t) = \exp\left[j\Theta(t)\right] = \cos\Theta(t) + j\sin\Theta(t) = I(t) + jQ(t), \quad (2)$$

$$\Theta(t) = \frac{\pi}{2T_0} \int_0^t d(t') dt', \quad (3)$$

$$d(t) = \sum_{i=0}^{N-1} d_i \text{rect}(t - iT), \quad (4)$$

где $\Theta(t)$ – функция, определяющая закон угловой модуляции; $d(t)$ – псевдослучайная последовательность (ПСП) длины N ; $\text{rect}(t)$ – прямоугольный импульс единичной амплитуды и длительностью T – длительность элемента ПСП.

В системах, осуществляющих обработку радиосигналов вида $S(t) = A(t)\cos[\omega_0 t + \theta(t)]$, используются фильтры, согласованные с их комплексной огибающей (2). При цифровой обработке ШПС-МЧМ необходи-

мо выделить действительную и мнимую составляющие комплексной огибающей, применив схему переноса спектра сигналов методом цифрового гетеродинирования. Затем необходимо отфильтровать сигналы квадратурных составляющих комплексной огибающей от второй гармоники, применив цифровой фильтр нижних частот. Следующим этапом обработки сигнала является согласованная фильтрация комплексной огибающей. Импульсная характеристика фильтра, согласованного с комплексной огибающей сигнала, определяется по формуле

$$h_k(n) = S_k^*(N-1-n) = S(N-1-n)e^{-j\Theta(N-1-n)}. \quad (6)$$

Так как комплексная огибающая состоит из двух квадратурных составляющих, то для её оптимальной фильтрации необходимо синтезировать согласованные фильтры для квадратурных составляющих. Импульсной характеристикой фильтра, согласованного с действительной компонентой комплексной огибающей $I(t)$, является зеркальное отображение её отсчетов, задержанных на период. Для фильтра, согласованного с мнимой составляющей комплексной огибающей $Q(t)$, аналогично. Вывод:

Разработан проект согласованного фильтра ШПС-МЧМ в Xilinx System Generator for DSP и MatLAB.

Реализован согласованный фильтр ШПС-МЧМ (с манипулирующей ПСП длиной $N = 63$) на отладочной плате Xtreme DSP Development Kit-IV (ПЛИС Virtex4 xc4vsx35-10ff668).

УДК 621.396

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ В ДОПЛЕРОВСКИХ ФИЛЬТРАХ В ЦИФРОВОМ ВИДЕ

М.С. Ковязин, А.А. Швабауэр
Научный руководитель Н.П. Богомолов
Сибирский федеральный университет

Исследованы алгоритмы обработки сигналов в доплеровских фильтрах в цифровом виде с применением дискретного преобразования Фурье (ДПФ) при слежении радиолокационной станцией (РЛС) за движущейся целью при действии пассивных помех (ПП).

Применение пассивных помех основано на использовании принципа вторичного излучения радиоволн. Для наземных РЛС ПП создаются в настоящее время при помощи так называемых «ловушек» (ложных целей) и

пассивных отражателей. Неорганизованные ПП возникают вследствие отражений от местных предметов, грозовых туч, дождя, снега. Отражения такого рода могут значительно сократить дальность действия РЛС или скрыть от наблюдения цели в ее зоне обнаружения. Поэтому повышение защищенности РЛС радиотехнических войск (РТВ) от ПП является одной из актуальных проблем теории и практики радиолокации.

В проспекте одной из современных РЛС «Гамма-С1Е» изложены сведения о защите от ПП, осуществляемой методом многоканальной доплеровской фильтрации пачки эхо-сигналов с адаптацией ширины и положения зоны режекции на частотной оси. Система ДПФ отраженных эхо-сигналов предназначена для когерентного накопления в цифровой форме пачек импульсов. Накопление производится путем разделения по доплеровским каналам полезных сигналов, ПП и последующего накопления сигнала и подавления помехи.

Для рассмотрения алгоритма обработки используем комплексное представление обрабатываемых сигналов. Комплексная амплитуда i -го импульса накапливаемой пачки может быть записана в виде

$$\dot{U}_i = U_i \ell^{j[(i-1)\phi_c + \phi_0]} \quad (1)$$

где i – номер импульса пачки; N – число импульсов в пачке (в рассматриваемом случае $N = 16$); U_i – амплитуда i -го импульса; ϕ_0 – начальная фаза первого отраженного импульса пачки; $\phi_c = F_{dc}T$ – регулярное межпериодное изменение фазы импульсов; F_{dc} – частота Доплера сигнала.

При когерентном суммировании сигналов все накапливаемые импульсы предварительно, путем соответствующего поворота по фазе, приводятся к одинаковой начальной фазе.

Оператор поворота вектора сигнала по фазе в n фильтре в i -м периоде повторения имеет вид

$$\ell^{-j(i-1)\phi_n}, \quad (2)$$

где $n = n2\pi/N$ – компенсирующий межпериодный сдвиг фазы сигналов в n -м фильтре; $n = 0, 1, 2 \dots N-1$ – номер доплеровского фильтра.

Для упрощения последующих математических выражений (без потери общности рассмотрения) предположим, что $\phi_0 = 0$. Тогда процедуру и результат обработки сигналов в n фильтре, заключающиеся в компенсации междупериодных фазовых сдвигов сигналов, их накоплении (суммировании) и взятии модуля суммы, можно представить в виде

$$U_{вых.n} = \left| \sum_{i=1}^N U_i \ell^{j(i-1)\phi_c} \ell^{-j(i-1)\phi_n} \right|. \quad (3)$$

Выражение (3) под знаком модуля в совпадает, с учетом значений φ_n , с известным выражением дискретного преобразования Фурье, а значение $U_{\text{вых}n}$ входит в него как значение интенсивности n гармоники дискретного спектра пачки импульсов.

Для последующего вычисления дискретного преобразования Фурье найдем амплитудно-фазовую характеристику (АФХ) n фильтра, характеризующую зависимость амплитуды сигнала на входе фильтра от междупериодного сдвига фазы обрабатываемых импульсов.

С этой целью введем следующие допущения:

- амплитуда U_i всех импульсов постоянна;
- междупериодный сдвиг фаз φ_n изменяется в пределах -180° до $+180^\circ$.

Нормированная АФХ n -го фильтра с учетом принятых допущений запишется в виде:

$$K_n(\varphi_c - \varphi_n) = \frac{K(\varphi_c - \varphi_n)}{K(\varphi_n)} = \frac{\left| \sum_{i=1}^N U_i l^{j(i-1)\varphi_c} l^{-j(i-1)\varphi_n} \right|}{\left| \sum_{i=1}^N U_i l^{-j(i-1)\varphi_n} \right|} =$$

$$= \frac{1}{N} \left| \sum_{i=1}^N \frac{l^{j(i-1)\varphi_c - j(i-1)\varphi_n}}{l^{-j(i-1)\varphi_n}} \right| = \frac{1}{N} \left| \frac{\sin \frac{N}{2}(\varphi_c - \varphi_n)}{\sin \frac{1}{2}(\varphi_c - \varphi_n)} \right|. \quad (4)$$

Для упрощения последующих рассуждений перейдем к тригонометрической форме представления комплексных чисел:

$$U_i l^{j(i-1)\varphi_c} = U_i \cos(i-1)\varphi_c + j U_i \sin(i-1)\varphi_c = X_i + j Y_i,$$

где

$$X_i = U_i \cos(i-1)\varphi_c, \quad Y_i = U_i \sin(i-1)\varphi_c.$$

Действительные числа X_i и Y_i в выражении представляют собой значения амплитуд и знаков видеоимпульсов пачки в i -м периоде повторения на выходах соответственно косинусного и синусного квадратурных каналов приемной системы.

Аналогичным образом разложим на квадратурные составляющие и оператор поворота по фазе:

$$l^{-j(i-1)\varphi_n} = \cos(i-1)\varphi_n - j \sin(i-1)\varphi_n.$$

Получим зависимость амплитуды сигнала на выходе n -го фильтра от изменения фазы φ_c обрабатываемого сигнала:

$$\begin{aligned}
 U_{вых.n} &= \left| \sum_{i=1}^N [Xi + jYi] [\cos(i-1)\varphi_n - j\sin(i-1)\varphi_n] \right| = \\
 &= \left| \sum_{i=1}^N [Xi \sin(i-1)\varphi_n + Yi \sin(i-1)\varphi_n] - j \sum_{i=1}^N [Xi \sin(i-1)\varphi_n - Yi \cos(i-1)\varphi_n] \right| = \\
 &= |X_n - jY_n| = \sqrt{X_n^2 + Y_n^2}
 \end{aligned} \tag{5}$$

где

$$\begin{aligned}
 X_n &= \sum_{i=1}^N [Xi \cos(i-1)\varphi_n + Yi \sin(i-1)\varphi_n] \\
 Y_n &= \sum_{i=1}^N [Xi \sin(i-1)\varphi_n - Yi \cos(i-1)\varphi_n]
 \end{aligned}$$

реальная и мнимая части накопленной суммы комплексных сигналов.

В соответствии с вышепредставленными выражениями обработка сигналов в n -м фильтре предусматривает:

- умножение сигналов квадратурных каналов на сглаживающие коэффициенты Ki и коэффициенты поворота сигналов по фазе $\cos(i-1)\varphi_n$ и $\sin(i-1)\varphi_n$;
- раздельное вычисление в соответствии с выражением (5) квадратов реальной действительной и мнимой части комплексной суммы и взятие ее модуля.

Коэффициенты поворота могут быть вычислены для каждого фильтра и импульса пачки и записаны в спецвычислитель, выполняющий операцию умножения.

На основе полученного алгоритма произведено моделирование данной системы в среде MATLAB.

На рисунке показаны зависимости амплитуды накапливаемого сигнала от номера фильтра при поступлении на вход приемника сигнала отраженного от неподвижного объекта ($V_n = 0$ км/ч) и движущейся цели со скоростью 2 000 км/ч. В нулевом фильтре накапливается сигнал, отраженный от неподвижного объекта, так как он не имеет доплеровского сдвига частоты. Приблизительно 90 % энергии сигнала от движущейся цели накапливается в восьмом фильтре. Поэтому можно с высокой эффективностью осуществить защиту от ПП, бланкируя выход нулевого фильтра.

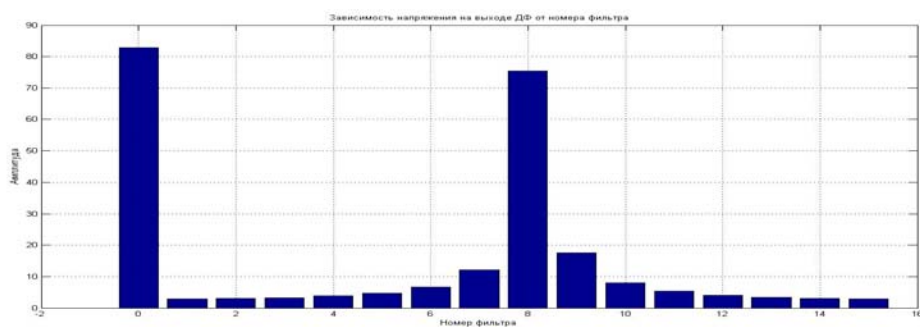


*Рис. Сигнал + помеха при 16 фильтрах и 16 импульсах
 $V_{Ц}=2100$ км/ч, $V_{П}=0$ км/ч*

Анализ проведенного математического моделирования показал, что для осуществления эффективной защиты от ПП целесообразно применение доплеровских фильтров, причем количество фильтров должно быть не меньше количества импульсов обрабатываемого сигнала.

Научное издание

Молодёжь и наука
Том 3

Отв. за выпуск Олег Альбертович Краев

Редакционно-издательский отдел БИК СФУ
Компьютерная верстка И.В. Гревцовой, Е.В. Гревцовой

Подписано в печать 11.07.2011. Формат 60х84/16.

Бумага тип. Печать офсетная.

Усл. печ. 26. Тираж 100 экз. Заказ 4221.

Редакционно-издательский отдел
Библиотечно-издательского комплекса
Сибирского федерального университета
660041, Красноярск, пр. Свободный, 79
Тел/факс (391) 244-82-31, e-mail: rio@lan.krasu.ru

Отпечатано полиграфическим центром
Библиотечно-издательского комплекса
Сибирского федерального университета
660041, Красноярск, пр. Свободный, 82а