

Э.П.ВОЛКОВ
ИЗБРАННЫЕ ТРУДЫ

Том 2

**ГАЗООТВОДЯЩИЕ ТРУБЫ
ТЭС И АЭС**

МОЕЙ ЖЕНЕ И ДРУГУ
ВАЛЕНТИНЕ ИВАНОВНЕ ВОЛКОВОЙ
ПОСВЯЩАЕТСЯ

Э.П.ВОЛКОВ

ИЗБРАННЫЕ ТРУДЫ

В пяти томах

Москва
Издательский дом МЭИ
2014

Э.П.ВОЛКОВ

ИЗБРАННЫЕ ТРУДЫ

Том 2

ГАЗООТВОДЯЩИЕ ТРУБЫ
ТЭС И АЭС

Москва
Издательский дом МЭИ
2014

УДК 621.311.22:502.5

ББК 31.37:20.18

В 676

Волков Э.П.

В 676 Избранные труды. В 5 т. / Э.П. Волков. — М.: Издательский дом МЭИ, 2014. — .

ISBN 978-5-383-00877-5

Том 2. Газоотводящие трубы ТЭС и АЭС. — 2014. — 332 с.: ил.

ISBN 978-5-383-00853-9

В книге рассмотрены конструктивные и аэродинамические схемы газоотводящих труб ТЭС и АЭС. Изложены вопросы выбора газоотводящих труб при проектировании электростанций, оптимизации основных характеристик, унификации и типизации. Освещены различные проблемы их возведения, эксплуатации и надежности работы.

Предназначена для научных работников и инженеров, занимающихся разработкой, проектированием, строительством и эксплуатацией инженерных сооружений тепловых и атомных электростанций.

Табл. 55. Ил. 95. Библиогр. 120 назв.

554357

УДК 621.311.22:502.5

ББК 31.37:20.18

ISBN 978-5-383-00853-9 (т.2)

ISBN 978-5-383-00877-5



© Волков Э.П., 2014

ФГАОУ ВО «Издательский дом МЭИ», 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	7
Предисловие автора	11
Глава первая. КОНСТРУКТИВНЫЕ СХЕМЫ ГАЗООТВОДЯЩИХ ТРУБ ТЭС	13
1.1. Конструкции отечественных газоотводящих труб	13
1.2. Конструкции зарубежных газоотводящих труб	29
Глава вторая. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ГАЗООТВОДЯЩИХ ТРУБ	38
2.1. Материалы для железобетонного ствола-оболочки и фундаментов труб.....	38
2.2. Материалы для футеровки	40
2.3. Материалы для тепловой изоляции газоотводящих труб	44
2.4. Материалы для стальных стволов и металлоконструкций.....	46
2.5. Материалы для антикоррозионной защиты и маркировочной окраски	47
Глава третья. РАСЧЕТ ВЫСОТЫ ГАЗООТВОДЯЩИХ ТРУБ	50
3.1. Общие положения по рассеянию примесей в атмосфере	50
3.2. Методика расчета рассеяния вредных примесей и выбор высоты газоотводящих труб	55
3.3. Зарубежный опыт в области расчета высоты газоотводящих труб ТЭС	59
Глава четвертая. АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАЗООТВОДЯЩИХ СТВОЛОВ	65
4.1. Основные теоретические положения	65
4.2. Аэродинамика газоотводящих стволов с различными геометрическими характеристиками	69
4.3. Аэродинамические характеристики диффузоров.....	75
4.4. Выбор диффузоров для проектируемых и существующих газоотводящих труб.....	81
4.5. Аэродинамические характеристики газоотводящих труб с вентилируемыми зазорами.....	89
4.6. Аэродинамические характеристики газоотводящих труб с кремнебетонными стволами	101
4.7. Аэродинамика цокольной части газоотводящих труб	103
Глава пятая. НАРУЖНАЯ АЭРОДИНАМИКА ГАЗООТВОДЯЩИХ ТРУБ	109
5.1. Особенности обтекания газоотводящих труб ветровым потоком	109
5.2. Самоокутывание газоотводящих труб	110
5.3. Использование газоотводящих труб для градиентных метеорологических наблюдений	122
Глава шестая. ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ РАСЧЕТЫ ГАЗООТВОДЯЩИХ ТРУБ МОЩНЫХ ТЭС	126
6.1. Методика оптимизационных расчетов.....	126
6.2. Графоаналитический выбор оптимальных скоростей газов в стволе трубы	137

6.3. Методика учета частичных нагрузок подключенного оборудования при выборе оптимальных характеристик газоотводящих труб.....	142
Глава седьмая. ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ГАЗООТВОДЯЩИХ ТРУБ.....	148
7.1. Теплообмен в газоотводящей трубе.....	148
7.2. Особенности расчета теплопередачи в газоотводящей трубе.....	156
7.3. Методы расчета температурных полей в газоотводящих трубах	161
7.4. Массообмен в газоотводящей трубе	174
Глава восьмая. СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СТВОЛА ГАЗООТВОДЯЩЕЙ ТРУБЫ.....	186
8.1. Общие положения	186
8.2. Определение ветровой нагрузки	190
8.3. Расчет горизонтальных сечений.....	192
8.4. Напряжения в арматуре при совместном действии внешних сил и изменения температуры	205
8.5. Расчет раскрытия горизонтальных трещин	210
8.6. Расчет вертикальных сечений	211
Глава девятая. ОСНОВЫ ВЫБОРА ЧИСЛА И ТИПА ГАЗООТВОДЯЩИХ ТРУБ И ИХ УНИФИКАЦИЯ.....	213
9.1. Основы выбора числа и типа газоотводящих труб на ТЭС	213
9.2. Унификация газоотводящих труб	218
9.3. Унифицированный цоколь газоотводящих труб.....	220
Глава десятая. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И НАДЕЖНОСТЬ ГАЗООТВОДЯЩИХ ТРУБ	230
10.1. Общие положения.....	230
10.2. Ввод газоотводящих труб в эксплуатацию	231
10.3. Эксплуатация газоотводящих труб с прижимной футеровкой	233
10.4. Эксплуатация газоотводящих труб с противодавлением	238
10.5. Повышение газоплотности и коррозионной стойкости газоотводящих труб методом управляемых золовых отложений	244
10.6. Оценка надежности газоотводящих труб с проходным зазором.....	265
Глава одиннадцатая. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ЗА СОСТОЯНИЕМ ГАЗООТВОДЯЩИХ ТРУБ ТЭС	275
11.1 Наблюдение за состоянием газоотводящей трубы	275
11.2. Тепловой и аэродинамический контроль газоотводящих труб	278
11.3. Контроль состояния газоотводящей трубы с помощью тепловизионной установки	281
11.4. Аппаратура и приборы для проведения измерений в газоотводящих трубах	287
Глава двенадцатая. ВЕНТИЛЯЦИОННЫЕ ТРУБЫ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ	299
12.1. Общие положения по выбору вентиляционных труб АЭС	299
12.2. Компоновочно-конструктивные решения по вентиляционным трубам АЭС	301
12.3. Особенности рассеяния в атмосфере газоаэрозольных выбросов АЭС	306
12.4. Распространение выбросов из вентиляционных труб АЭС в условиях промплощадки	312
Приложения	321
Список литературы	325

ПРЕДИСЛОВИЕ

Уважаемый читатель!

Начну с того, чтобы сказать, почему я с большим желанием осмелился дать мою скромную оценку этой замечательной книге. Мы с ее автором сотрудничаем в течение многих лет, еще со временем моей работы в МЭИ – тогдашней «кузнице» по подготовке по-настоящему образованных инженеров и научных школ в области энергетики, и я хорошо знаком с тем, что сделано академиком Э.П. Волковым.

Перед Вами книга, посвященная проблемам разработки, проведения исследований, проектирования, возведения и эксплуатации газоотводящих труб ТЭС и АЭС, — некая энциклопедия по данному вопросу.

Первоначально представляется, а что может быть нового и неизвестного в этом традиционном и давно известном сооружении? Оказывается очень много нового и интересного. Главное — это разработка основ создания и проектирования промышленных дымовых труб, позволяющих на стадии выбора и проектирования обеспечить основное условие их работы — надежность. Понимая, что дымовые трубы, пожалуй, единственный элемент электростанции, который не может быть даже краткосрочно выведен из эксплуатации, становится ясной сложность задачи обеспечения их 100 %-ной надежности.

Автор показал два главные фактора (кроме механической прочности), которые оказывают основное влияние на надежность их работы: аэродинамические характеристики и теплотехнические параметры. В главах, посвященных этим вопросам, приведены основные научные разработки автора и большого коллектива исследователей, работавших под его руководством.

Изложенная методика расчета аэродинамических характеристик позволяет для всех существующих в мире типов и конструкций газоотводящих труб при любых параметрах уходящих газов и конструктивных схемах определить все необходимые показатели, обеспечивающие

их надежную работу. Такие же методы расчета предложены и для определения температурных полей и параметров массообмена в газоотводящих стволах в целях обеспечения отсутствия потоков конденсации агрессивных сред (в первую очередь высококонцентрированных растворов серной кислоты).

В книге последовательно рассмотрены методы расчета и меры, обеспечивающие повышение надежности работы дымовых труб промышленных предприятий. При этом изложены новые по постановке вопросы по применению специальных диффузоров, устанавливаемых на газоотводящих трубах в случае проблем с обеспечением работы тягодутьевых устройств при эксплуатации энергетических установок, подключенных к трубе на полной нагрузке, или в случае подсоединения к уже работающей газоотводящей трубе дополнительного энергетического оборудования. Приведены результаты исследовательских работ и даны номограммы для выбора диффузоров в каждом конкретном случае.

Один из диффузоров был установлен на уникальной дымовой трубе с кремнебетонным стволом, позволяющим проводить его монтаж с помощью индустриальных методов. Описание такой трубы высотой 320 м, ее аэродинамические расчеты в случае подключения к ней четырех блоков мощностью 300 МВт каждый и экспериментальная обработка ее цокольной части даны в главе, посвященной выбору аэродинамических характеристик труб.

Большое место в книге занимают вопросы наружной аэродинамики газоотводящих труб. Здесь впервые введен термин «самоокутывание», что означает подсос части выходящих газов, содержащих агрессивные или радиоактивные примеси, из основного потока в зону разрежения, возникающую с подветренной стороны газоотводящей трубы. Проведенные автором исследования позволяют определить гидродинамические характеристики, указывающие на возникновение явления самоокутывания, и тем самым обеспечить надежную эксплуатацию трубы (без разрушения ее «оголовка») или предотвратить ухудшение радиоактивной обстановки на промплощадке атомной электростанции.

Значительное внимание в книге удалено проблеме выбора оптимальных параметров дымовых труб (высоты и скорости выхода газов). С использованием расчетных соотношений построены номограммы

для выбора оптимальных скоростей и высот газоотводящих труб в зависимости от количества подключенного энергооборудования, режимов его работы и метеорологических параметров. Данные номограммы получены на основании одних и тех же методических подходов для газоотводящих труб различных типов и конструктивных схем. С учетом результатов подобных расчетов проведены типизация газоотводящих труб и их унификация. Для выбранного ограниченного ряда типоразмеров разработаны и исследованы унифицированные цокольные части газоотводящих труб, позволяющие индустриальными методами осуществить их быстрый монтаж на строительной площадке.

Две главы книги посвящены вопросам эксплуатации газоотводящих труб и методам эксплуатационного контроля. Особый интерес представляют методы повышения газоплотности и коррозионной стойкости за счет регулирования золовых отложений, что особенно важно в условиях реальной эксплуатации газоотводящих труб при изменении проектного топлива (в случае использования на электростанции угля).

Пожалуй, впервые в технической литературе представлены материалы, рассматривающие особенности рассеяния газоаэрозольных выбросов АЭС с учетом возмущений, возникающих в потоке ветра при обтекании им главного корпуса АЭС, в условиях относительно небольших высот вентиляционных труб при невысокой температуре вентиляционных выбросов. С помощью аэродинамических продувок, проведенных в большой аэродинамической трубе Института механики МГУ, были получены интересные результаты по распространению радиоактивных вентиляционных выбросов из труб АЭС в условиях промплощадки. Было показано, что в случае относительно большого числа атомных энергетических блоков (более трех-четырех) при их определенной компоновке могут быть варианты, когда выбрасываемые радиоактивные аэрозоли могут попадать в тракт заборного вентиляционного воздуха, что абсолютно недопустимо. Эти результаты имеют большую практическую ценность.

Важно отметить, что основные разработки автора (прежде всего выбор оптимальных скоростей газа и высот дымовых труб) положены в основу нормативных документов, обязательных при расчетах всех промышленных газоотводящих труб.

Если учесть, что в книге имеются также сведения и об используемых материалах, применяемых при строительстве газоотводящих труб всех известных конструктивных схем, становится очевидным универсальность настоящего издания, написанного крупным ученым-энергетиком для научных сотрудников и инженеров, занимающихся исследованиями, проектированием, строительством и эксплуатацией этих важных инженерно-промышленных сооружений.

Академик А.Е. Шейндин