



Э.П. ВОЛКОВ. ИЗБРАННЫЕ ТРУДЫ

Вышло в свет пятитомное собрание основных трудов Э.П. Волкова¹, академика РАН, лауреата международных премий “Глобальная энергетика” и Сократовской премии, четырёх Государственных премий СССР и РФ, автора около 350 научных публикаций (из них 25 монографий и учебников, более 70 патентов и изобретений).

Президент Российской академии наук В.Е. Фортов в своём предисловии к первой книге настоящего сборника характеризует Э.П. Волкова как “выдающегося ученого-энергетика, который в течение 50 лет занимается фундаментальными и прикладными исследованиями в электроэнергетике, определяя в последнее время по существу основные направления её развития”, и отмечает, что читателю предлагаются “материалы по широкому спектру научных исследований в области электроэнергетики”, которые позволяют “проанализировать современное состояние электроэнергетики страны и увидеть пути её перехода на мировой уровень на

временном отрезке до 2030 г.”, и поэтому “каждая книга найдёт своих читателей среди научных сотрудников, инженеров, аспирантов и студентов”.

В настоящем издании представлены результаты многолетних научных исследований автора и большого коллектива сотрудников Энергетического института им. Г.М. Кржижановского и Московского энергетического института (технического университета), работавших и работающих под его руководством.

Первый том “**Охрана воздушного бассейна от выбросов ТЭС**” посвящён актуальной для энергетики проблеме – охране окружающей среды от вредных выбросов тепловых электростанций. Рассмотрен целый комплекс вопросов – от характеристик различных видов топлива, содержащихся в них токсичных примесей и процессов их образования, а также методов снижения количества выбросов в атмосферу до анализа процессов распространения этих выбросов в атмосфере и определения концентраций вредных примесей на уровне дыхания людей.

¹ Волков Э.П. Избранные труды: В пяти томах. М.: Издательский дом МЭИ, 2015.

Приведены физические модели и основы расчёта приземных концентраций вредных выбросов тепловых электростанций. Подробно изложены теоретические и экспериментальные основы, связанные с изучением подъёма дымового факела над устьем одно- и многоствольных дымовых труб. Даны общая модель и структурная схема автоматизированной системы контроля загазованности атмосферы в результате выбросов ТЭС и промышленных предприятий и рассмотрено влияние различных факторов на её уровень.

По мнению В.Е. Фортова, *“наиболее интересным в научном плане является получение критериальных формул для расчёта высоты подъёма дымового факела над устьем газоотводящих труб при различных режимах работы энергетического оборудования и разных метеорологических условиях”*. Эти формулы позволяют адекватно описывать практически все имеющиеся в мировой практике экспериментальные результаты, полученные как при моделировании процессов подъёма факела (расчётным путём или в аэродинамических трубах), так и во время многочисленных натуральных исследований. Тем самым получена универсальная критериальная зависимость, обобщающая результаты всех этих работ. Представлена расчётная модель для определения концентрации вредных примесей на уровне дыхания людей, в которой использованы полученные зависимости, и показано, что подобные расчёты дают адекватные результаты при различных режимах работы оборудования и метеоусловиях. Эта модель послужила основой для создания первой в СССР автоматической системы контроля загрязнения воздуха выбросами тепловых электростанций, реализованной на энергетическом комплексе Запорожских ТЭС и АЭС общей мощностью около 10 000 МВт.

Существенным фактором при организации непрерывного контроля выбросов вредных веществ является возможность нового подхода к нормированию их предельно допустимых значений. На взгляд автора, целесообразно установить дис-

кретную и переменную во времени норму ПДВ – динамического предельно допустимого выброса, который соответствует плановому выбросу при различных метеоусловиях и максимальной нагрузке энергетического оборудования в целях соблюдения санитарно-гигиенических требований к качеству воздуха. Введение динамического ПДВ особенно важно для действующих ТЭС, так как для них при расчёте ПДВ по существующим методам требуется организация мероприятий по снижению выбросов вредных веществ в течение всего года и даже в тех случаях, когда изменение метеоусловий может приводить к падению уровня приземных концентраций ниже ПДК.

Совокупность всех представленных в этой книге результатов позволяет получить полную картину работ по охране среды от воздействия выбросов тепловых электростанций, проведённых у нас в стране за большой период времени (30–40 лет), включая подготовку официальных нормативных методик расчёта концентраций предприятиями с вредными производствами и производственными процессами.

Во втором томе **“Газоотводящие трубы ТЭС и АЭС”**, посвящённом конструкциям, оптимальному выбору, типизации и проблемам эксплуатации газоотводящих труб тепловых и атомных электростанций, приводятся результаты исследований выбора существующих оптимальных аэродинамических схем и разработки новых конструкций газоотводящих труб. Автором предпринята попытка с единых позиций осветить большинство вопросов, связанных с выбором параметров, проектированием, возведением и эксплуатацией газоотводящих труб ТЭС и АЭС; причём значительное внимание уделено устанавливаемым на современных электростанциях трубам с новыми конструктивными и аэродинамическими схемами. Последовательно изложены вопросы как относящиеся к устройству, назначению, конструктивным схемам, материалам, проектированию и возведению газоотводящих труб, так и связанные с их технологической привязкой, а также основные положе-

ния выбора труб и эксплуатации на тепловых электростанциях.

Итоговым материалом является методика расчёта и определения основных параметров дымовых труб ТЭС и АЭС, которая использовалась при выборе всех труб промышленных объектов (тепловых электростанций и промпредприятий) в СССР и применяется в настоящее время в РФ и СНГ.

В книге обсуждаются методы расчёта и меры, обеспечивающие повышение надёжности работы дымовых труб промышленных предприятий. Представлены результаты исследовательских работ и даны номограммы для выбора диффузоров в каждом конкретном случае. Большое место отведено вопросам наружной аэродинамики газоотводящих труб. Здесь впервые введён 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. Проведённые автором исследования позволяют определить гидродинамические характеристики, указывающие на возникновение явления самоокутывания, и тем самым обеспечить надёжную эксплуатацию трубы (без разрушения её “оголовка”) или предотвратить ухудшение радиоактивной обстановки на промплощадке атомной электростанции. Представлены материалы по разработке и возведению уникальной дымовой трубы с кремнебетонным стволом высотой 320 м и по технологии, позволяющей промышленным методом монтировать ствол высотой 320 м и диаметром 10 м за 28 дней. К такой трубе были подключены три энергоблока общей мощностью 2400 МВт.

В предисловии к этому тому академик РАН А.Е. Шейндлин отмечает, что *“изложенная методика расчёта 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 выбор 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 учётом результатов подобных расчётов проведены типизация газоотводящих труб и их унификация. Для выбранного ограниченного ряда типоразмеров разработаны и исследованы унифицированные цокольные части газоотводящих труб, позволяющие промышленными методами осуществить их быстрый монтаж на строительной площадке. Если учесть, что в книге имеются также сведения и об используемых материалах, применяемых при строительстве газоотводящих труб всех известных конструктивных схем, становится очевидной универсальность настоящего издания, написанного крупным учёным-энергетиком для научных сотрудников и инженеров, занимающихся исследованиями, проектированием, строительством и эксплуатацией этих важных инженерно-промышленных сооружений”.

В третьем томе **“Моделирование процессов горения и пиролиза твёрдого топлива”**, включающем в себя две части (**Часть I. “Моделирование процессов горения твёрдого топлива”** и **Часть II. “Кинетика и гидродинамика процесса пиролиза твёрдого топлива”**), изложены современные методы математического моделирования процессов тепломассопереноса при горении и пиролизе твёрдого органического топлива.

В Части I представлены методы моделирования и расчёта практически всей совокупности физико-химических процессов, протекающих при сжигании органического твёрдого топлива: газодинамики и теплопереноса в газодисперсных средах; горения полидисперсной системы частиц; переноса энергии излучения, выделения летучих и образования оксидов азота. Большая часть материала посвящена моделированию низкоконтрированных газодисперс-

ных турбулентных потоков при факельном способе сжигания пылевидного топлива. Моделирование процессов в химически реагирующих турбулентных газодисперсных потоках базируется на подходе, в основу которого положено континуальное описание дисперсной фазы и использование уравнений для плотностей вероятностей распределения частиц топлива по скоростям, температурам, размерам и др. Приведены различные модели выгорания частиц топлива, учитывающие наличие пористой структуры, золы оболочки, диффузионного сопротивления транспортировке окислителя. Построены модели для анализа влияния флуктуаций температуры и энергии активации на гетерогенное горение. Развита теория расчёта выгорания топлива в циркуляционных системах, когда имеет место возврат несгоревшего топлива в камеру сгорания. Представленные теоретические модели применяются для расчёта прямоточных и вихревых горелочных устройств и камер сгорания при сжигании пылевидного топлива, а также для двумерного и трёхмерного моделирования топочных процессов в камерных топках котлов. Изложена теория расчёта горения твёрдого топлива в высококонцентрированных дисперсных потоках применительно к аппаратам с кипящими слоями и циркулирующими кипящими или аэрофонтанными слоями.

Часть II посвящена актуальной в настоящее время проблеме – исследованию процессов пиролиза угля и сланца. Это направление исследований интенсивно развивается в настоящее время в связи с созданием целого ряда энерготехнологических установок промышленного масштаба. Такие установки введены в эксплуатацию в последние два десятилетия в различных странах мира. Среди них следует отметить самую эффективную в мире как по теплотехническим, так и по экономическим и экологическим показателям установку УТТ-3000, разработанную сотрудниками Энергетического института (ЭНИИ) им. Г.М. Кржижановского, в которой процесс пиролиза сланца с помощью

твёрдого теплоносителя используется для получения искусственной нефти и высококалорийного газа. Для создания подобной установки важно понимание процесса пиролиза твёрдого топлива и требуются его математические модели. Все необходимые материалы читатель найдёт в Части II настоящей книги.

По мнению автора предисловия к этому тому, одного из мировых лидеров в вопросах моделирования процессов горения топлива, члена Королевского общества Великобритании, иностранного действительного члена РАН *Брайана Д. Сполдинга*, в монографии профессора Э.П. Волкова впервые совместно рассмотрены в научном аспекте три группы тесно переплетённых факторов, которые влияют на процесс горения и пиролиза твёрдого топлива, – химические процессы, турбулентность и радиационный перенос. *“В итоге мы получили превосходную книгу, позволяющую глубоко и всесторонне осмыслить важные в техническом отношении технологические процессы”*, – заканчивает Сполдинг своё предисловие.

В четвёртом томе **“Энерготехнологическое использование сланца”** даётся информация о происхождении и условиях залегания горючих сланцев (ГС), о ресурсах сланцевой смолы в России и в других странах. На основании сопоставления данных, взятых из наиболее авторитетных источников, делается вывод о необходимости продолжения работ по оценке запасов сланцевой смолы с использованием единой для всех стран методики.

Приведены данные о классификации керогена (органического вещества ГС за вычетом растворимых битумов) по типам и результаты его термического разложения с учётом вторичных термических реакций. Изложена история развития технологий термической переработки ГС – от первой опытно-промышленной установки во Франции в 1835 г. и до настоящего времени – с иллюстрациями наиболее известных типов сланцеперерабатывающих агрегатов. Отмечена роль российских учёных в исследованиях ГС Прибалтийского месторождения.

Рассмотрены наиболее известные зарубежные технологии термической переработки ГС, созданные во второй половине прошлого столетия, дана оценка их работоспособности и эксплуатационной надёжности.

Основное внимание уделено разработанным в ЭНИН им. Г.М. Кржижановского установкам с твёрдым теплоносителем (УТТ), реализующим процесс “Галотер”, названный в честь его автора – сотрудника ЭНИН д.т.н. И.С. Галынкера. Отмечена роль продолжателя этого направления сланцепереработки, заведующего лабораторией ЭНИН, выдающегося организатора инженера Б.И. Тягунова и организованного им коллектива специалистов, которые создали и освоили установки типа УТТ на заводе “Ильмарине” (100 кг в час по ГС), УТТ-200 и УТТ-500 (соответственно 200 и 500 т в сутки по ГС), УТТ-3000, работающие по настоящее время на Эстонской электростанции с 1980 г. (первая установка) и с 1984 г. (вторая установка). Установки УТТ-3000 остаются самыми совершенными в мире. Показаны их преимущества по сравнению с другими технологиями.

Большое место отведено методам математического моделирования энерготехнологических процессов, включая методы, основанные на термодинамическом подходе; базирующиеся на широко развитых кинетических моделях; анализирующие турбулентные газодисперсные течения. На основании экспериментальных данных разработана математическая модель реактора барабанного типа.

Приведены данные экспериментальных исследований процесса пиролиза ГС и физического моделирования с использованием твёрдого теплоносителя. Особое внимание уделено физическому и математическому моделированию основных аппаратов установки УТТ – реактору барабанного типа и аэрофонтанной топке. Даны методики расчётов этих аппаратов.

На примере очистки парогазовой смеси в пылеосадительной камере показано, как совершенствовалась эта

технология от установок на заводе “Ильмарине” до УТТ-3000, где была достигнута степень очистки парогазовой смеси от твёрдых частиц 99.2%. В книге приведены подробные характеристики для всех фракций сланцевого масла и сланцевого газа, получаемых на установках УТТ-3000. Содержится информация о проведённых в ОАО “ЭНИН” под руководством автора исследований ГС США, Израиля и Иордании и о технико-экономических показателях их термической переработки с использованием для каждого вида ГС трёх установок УТТ-3000.

В предисловии к этой книге автор пишет: *“Настоящий том – единственная книга избранных трудов, которая не имеет предисловия внешнего эксперта. Связано это с тем, что данный том кроме работ автора содержит большой материал многих сотрудников ЭНИН по энерготехнологическому использованию сланца, которые начиная с 1946 г. путём последовательных исследований и разработок создали уникальную технологию переработки сланца с применением твёрдого теплоносителя в целях получения искусственной нефти и других полезных продуктов. Вот уже более 20 лет эта технология используется в реальной практике и по своим показателям является лучшей в мире”*.

В пятом томе **“Проблемы развития и модернизации электроэнергетики России”** даны методологические подходы к обоснованию путей развития электроэнергетики и разработке программы её модернизации на период до 2030–2035 гг. Представлены математические модели для анализа переходных и установившихся режимов работы энергосистем и методология управления ими. Рассмотрены критерии обеспечения надёжности работы энергосистем. Обширный материал посвящён анализу мирового опыта развития технологий производства, передачи и распределения электроэнергии, новых электротехнических устройств, в том числе на основе явления высокотемпературной сверхпроводимости. Подробно описано современное состояние электроэнергетики и

проанализировано текущее состояние основного генерирующего оборудования и электросетей. Здесь приведены данные по всем секторам электроэнергетики, включая гидро- и атомные электростанции и объекты нетрадиционной энергетики.

Большое место занимает материал по разработке программы модернизации электроэнергетики: её цели, исходные составляющие и целевые показатели. В деталях рассмотрены основные технологии и технические решения, используемые при реализации программы модернизации во всех секторах электроэнергетики, и этапы её выполнения, а также механизмы реализации, включая оценку источников осуществления, механизмы взаимодействия со смежными отраслями и эффективность выполнения этой программы. При этом обсуждаются как отраслевые эффекты, так и общегосударственные.

Завершающий раздел посвящён основным положениям развития электроэнергетики страны на период до 2030 г.

В предисловии к заключительной книге министр энергетики Российской Федерации А.В. Новак отмечает, что в ней *“дан всесторонний научно-технический и экономический анализ современного состояния электроэнергетики страны. Очерчивая круг проблем, автор предлагает и их решение. <...> Профессионалам, безусловно, будет интересно познакомиться с авторитетной оценкой программы развития электроэнергетики и предложениями по её дальнейшей реализации”*.

Собрание трудов Э.П. Волкова предназначено для сотрудников научно-исследовательских и проектных институтов, инженерно-технических работников отрасли, а также для студентов и аспирантов технических вузов.

Подробнее с содержанием каждого тома можно ознакомиться на сайте ОАО “ЭНИН”.

**Материал подготовили
кандидат технических наук
О.П. ПОТАПОВ,
А.В. МАЛЬЦЕВА**

ВНИМАНИЮ АВТОРОВ И ЧИТАТЕЛЕЙ!

Журнал “Энергия: экономика, техника, экология” публикует статьи по темам: энергетическая политика и безопасность стран и регионов, нефте- и газодобыча, энергопроизводство и его экологические последствия, энергосберегающие технологии, прошлое, настоящее и будущее атомной энергетики, перспективы развития местных и возобновляемых геоло- ветро- и гидроресурсов, водородная энергетика и т.д.

Передавая в редакцию свою рукопись, автор принимает на себя обязательство не публиковать её ни полностью, ни частично ни в каком другом издании без согласия редакции. К рассмотрению принимаются рукописи объёмом не более одного авторского листа в одном экземпляре, напечатанные через два интервала на одной стороне листа фор-

мата А4, а также в электронной версии формата Word for Windows (размер шрифта – 14, междустрочный интервал – 1,5). К статье прилагается справка об авторе с указанием фамилии, имени, отчества, точного названия места работы, учёной степени, учёного звания, номера телефона, адреса электронной почты.

Рецензирование производится исключительно для внутренних целей.

Рукописи не возвращаются.

Автор обязан указать источник всех приводимых в тексте цитат, фактов и иной информации. Ссылки на источники оформляются постранично и нумеруются в порядке следования. Все аббревиатуры должны быть пояснены.

В розничную продажу журнал не поступает. Льготную подписку можно оформить в редакции.