

УДК 621.321

## Электронное учебное пособие «Атмосферные деаэрационные установки»

Мошкарин А.В., д-р техн. наук, Ледуховский Г.В., канд. техн. наук, Коротков А.А., Барочкин Ю.Е., инженеры

**Приведено описание электронного учебного пособия «Атмосферные деаэрационные установки», разработанного в рамках программы развития инновационных технологий в системе высшего профессионального образования.**

*Ключевые слова:* деаэратор, десорбция кислорода, десорбция диоксида углерода, струйный отсек, барботажное устройство, электронное учебное пособие.

### Tutorial «Atmospheric Deaerating Plants»

A.A. Korotkov, Y.E. Barochkin, Engineers; G.V. Leduhovsky, Candidate of Engineering;  
A.V. Moshkarin, Doctor of Engineering

**The description of the tutorial «Atmospheric deaerating plants», worked out in the framework of the innovation technique development program in higher education is shown.**

*Keywords:* deaerator, oxygen desorption, carbon dioxide desorption, deaeration process simulation, jet compartment, bubbling chamber, tutorial.

Термическая деаэрация воды является важной стадией подготовки теплоносителя для энергетических установок. Деаэрации подвергается добавочная вода в циклах паротурбинных установок, питательная вода паровых котлов, подпиточная вода тепловых сетей, а иногда и сетевая вода в системах теплоснабжения. От эффективности технологических процессов деаэрации воды зависит надежность и экономичность работы энергетического объекта. Надежность при этом обусловлена интенсивностью процессов коррозии металла трубопроводов и оборудования, а экономичность связана с присутствием в водяном паре неконденсирующихся газов, затрудняющих теплообмен при конденсации [1].

Эффективность работы деаэрационной установки определяется техническим состоянием ее элементов и действиями эксплуатационного персонала. Недостаточное внимание к вопросам эксплуатации деаэрационных установок приводит не только к появлению нарушений норм химического качества деаэрированной воды, но и к аварийным ситуациям. В связи с этим знание инженером-теплоэнергетиком конструктивных особенностей деаэраторов и элементов их обвязки, а также физико-химических основ технологических процессов термической деаэрации воды является не только полезным, но и необходимым условием для обеспечения эффективной работы энергетической установки в целом.

Нами разработано электронное учебное пособие (далее – Пособие), предназначенное для повышения эффективности изучения теоретических основ термической деаэрации воды и конструктивных особенностей элементов атмосферных деаэрационных установок. Пособие предназначено студентам теплоэнергетических специальностей вузов, а также может

быть полезным инженерно-техническим работникам энергетических предприятий, занятым эксплуатацией атмосферных деаэрационных установок, при переподготовке и повышении квалификации.

Практика показывает [2], что электронные средства обучения оказываются востребованными только в том случае, если они удовлетворяют основным требованиям и преподавателя и обучаемого. В частности, для студента важно, чтобы электронное средство обучения соответствовало государственным образовательным стандартам и учебным программам; содержало примеры, иллюстрирующие теоретические понятия и утверждения, а также примеры, обучающие методам решения типовых задач; содержало лаконичный и хорошо структурированный материал без дублирования, излишних подробностей, с внятным разделением на главное и второстепенное. Целесообразно также, чтобы электронное средство обучения допускало индивидуальную настройку под конкретного пользователя.

Требования, предъявляемые к электронным средствам обучения, не менее обширны [2]. Такие средства обучения должны позволять преподавателю экономить время на лекциях и практических занятиях, избегая подробной диктовки и многократных объяснений; уделять больше внимания принципиальным вопросам, анализу и интерпретации получаемых результатов; отбирать материал по своему усмотрению, не беспокоясь о том, что часть программы останется неизложенной; по-новому организовывать самостоятельную работу студентов и регулярно ее контролировать.

При разработке рассматриваемого Пособия мы стремились удовлетворить указанным требованиям к электронным средствам обучения. Перечень рассматриваемых в Пособии во-

просов соответствует программе подготовки инженеров по специальности 140101.65 «Тепловые электрические станции», в частности, программе курса «Тепломеханическое и вспомогательное оборудование тепловых электростанций».

Интерфейс Пособия соответствует интерфейсу программ, предназначенных для работы под управлением Microsoft Windows (рис. 1).

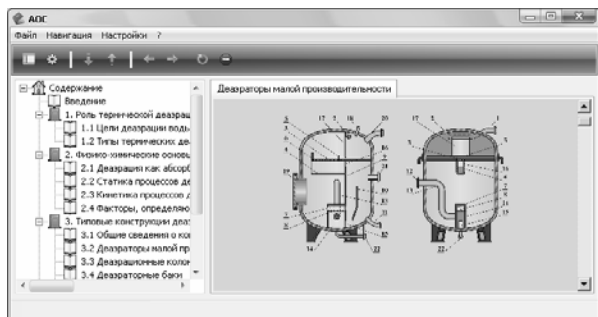


Рис. 1. Рабочее окно Пособия

Меню «Настройки» содержит инструменты, обеспечивающие возможность индивидуальной настройки Пособия под конкретного пользователя, например, поддерживается возможность выбора комфортного для восприятия информации стиля интерфейса.

Пособие включает шесть основных разделов:

1. *Роль термической деаэрации в комплексе водоподготовительных мероприятий.* В этом разделе изложены цели термической деаэрации воды в циклах энергетических установок, приведена классификация деаэраторов, указаны области их применения. Раздел является звеном, связывающим рассматриваемые в Пособии вопросы с материалом ранее пройденных курсов.

2. *Физико-химические основы термической деаэрации воды.* В разделе изучаются физические и химические закономерности, на которых базируется метод термической деаэрации воды. Деаэрация рассматривается как абсорбционный процесс, для которого характерны соответствующие статические и кинетические характеристики. Описание законов Генри, Дальтона, Фика подкреплено не только соответствующими графическими зависимостями и таблицами, содержащими значения характеристических коэффициентов (констант фазового равновесия, коэффициентов молекулярной диффузии газов в воде), но и примерами практических расчетов. При этом примеры, необходимые для понимания физико-химических основ деаэрации, содержатся непосредственно в тексте раздела, а примеры, полезные с точки зрения решения прикладных задач, вызываются дополнительно.

Материал раздела структурирован с четким выделением особенностей процессов удаления из воды растворенных газов (например, кислорода) и газов, находящихся в растворе в

химически связанном виде (например, диоксида углерода).

Рассмотрение каждой физической или химической закономерности завершается выводами, связывающими теоретические представления о процессах деаэрации с практическими рекомендациями по созданию эффективных массообменных дегазационных аппаратов. Обращение к этим рекомендациям в последующих разделах Пособия позволяет получить представление об эффективности той или иной конструкции деаэратора.

3. *Типовые конструкции деаэраторов атмосферного давления и элементов их обвязки.* В этом разделе последовательно рассмотрены бесколонковые деаэраторы малой производительности, деаэрационные колонки повышенной производительности, деаэраторные баки, предохранительно-сливные устройства и охладители выпара. Структура информации по каждому элементу включает общую конструктивную схему с описанием принципа действия (рис. 2), указанием назначения отдельных элементов. Схемы движения потоков теплоносителей в нормальном режиме работы деаэратора, а также схемы работы защитных элементов в аварийных режимах выполнены средствами анимации.

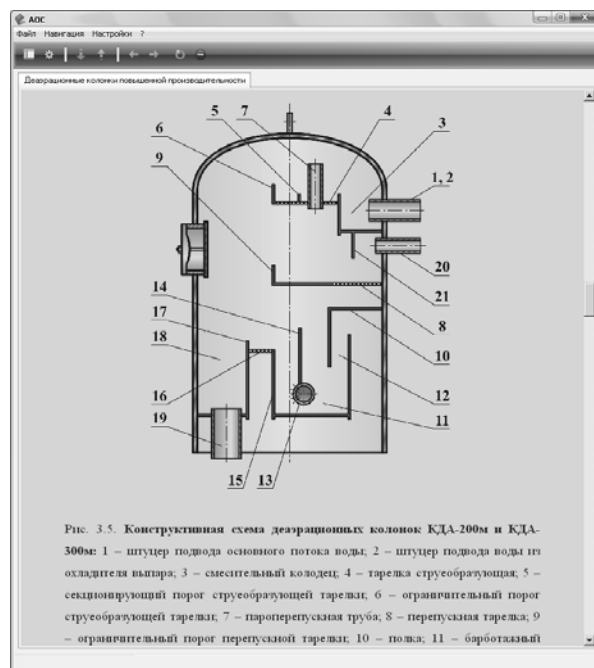


Рис. 2. Пример конструктивной схемы деаэрационной колонки

Конструктивные схемы с указанием геометрических размеров и экспликацией присоединительных штуцеров даны в справочных подразделах, вызываемых по указанию пользователем (рис. 3). Этим избегается информационная перегрузка собственно учебной части Пособия и вместе с тем сохраняется его ценность как справочника.

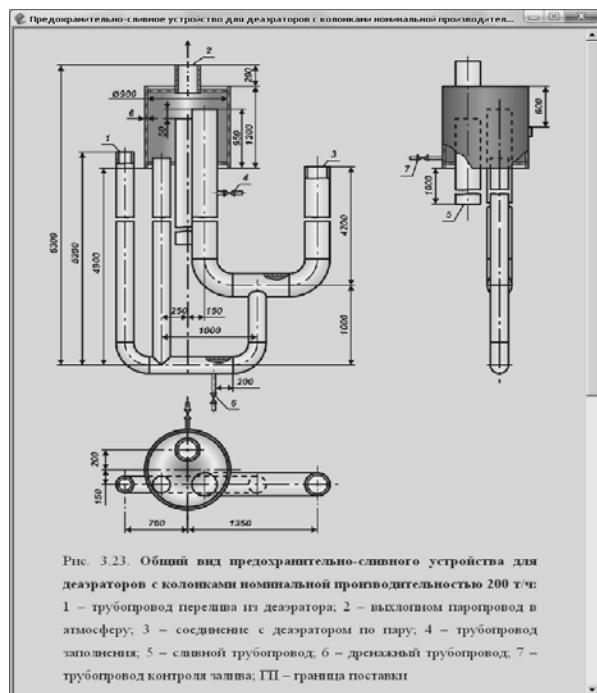


Рис. 3.23. Общий вид предохранительно-сливного устройства для деаэраторов с колошками номинальной производительностью 200 т/ч: 1 – трубопровод перепада из деаэратора; 2 – выхлопной паропровод в атмосферу; 3 – соединение с деаэратором по пару; 4 – трубопровод заполнения; 5 – сливной трубопровод; 6 – дренажный трубопровод; 7 – трубопровод контроля заливки; ПП – граница поставки

Рис. 3. Пример конструктивной схемы предохранительно-сливного устройства с указанием геометрических размеров

Структурой раздела предусмотрено выделение аппаратов, выпускаемых в настоящее время российскими заводами, а также устаревших, но все еще находящихся в эксплуатации деаэраторов и элементов их обвязки.

**4. Атмосферные деаэраторы нетрадиционных конструкций.** Раздел посвящен конструкциям атмосферных деаэраторов, не нашедших широкого применения в энергетических установках. Рассматриваются, например, чисто барботажные деаэраторы, щелевые и капельные деаэрационные устройства. Недостатки той или иной конструкции поясняются с обращением к сформулированным во втором разделе общим принципам создания эффективных деаэраторов.

**5. Режимные характеристики атмосферных деаэраторов.** Этот раздел является подготовительным к изучению вопросов эксплуатации атмосферных деаэраторов. В нем описаны две основные характеристики деаэратора: основная режимная характеристика и характеристика предельных режимов. Вид и характер зависимостей этих характеристик поясняется с обращением к конструктивным особенностям того или иного деаэратора, а также физико-химическим основам технологических процессов термической деаэрации воды.

**6. Структура технологических схем и эксплуатация атмосферной деаэрационной установки.** Описание структуры технологических схем атмосферной деаэрационной установки (рис. 4), а также основных операций по эксплуатации этой установки базируется на всем предшествующем материале Пособия.

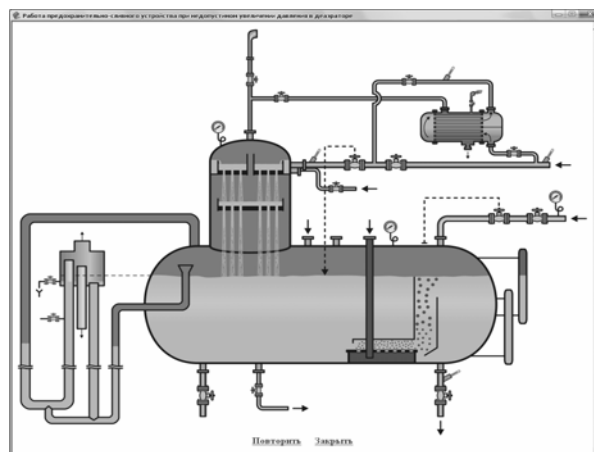


Рис. 4. Пример общей технологической схемы атмосферной деаэрационной установки

Использованный в Пособии подход к организации эксплуатации атмосферной деаэрационной установки заключается в четком выделении возможных оперативных состояний оборудования (работа, горячий резерв, холодный резерв, ремонт, консервация) и составлении на основе этой структуры перечня операций по переводу установки из одного оперативного состояния в другое. К таким операциям относится, например, пуск в работу (последовательный перевод из холодного резерва в горячий резерв с последующим включением в работу), останов (перевод из работы в горячий резерв) или вывод в ремонт (перевод из холодного резерва в ремонт). Такое структурирование позволяет наиболее эффективно обучить персонал надежной и экономичной эксплуатации оборудования, включая эксплуатацию атмосферных деаэрационных установок. Основные операции, выполняемые при эксплуатации атмосферной деаэрационной установки в Пособии изложены с применением средств анимации.

Все разделы Пособия снабжены блоками контрольных вопросов и задач, что дает преподавателю возможность объективно оценить знания обучаемого. Наибольший интерес представляют оперативные задачи по эксплуатации деаэрационной установки, решение которых требует воздействия с помощью мыши на те или иные элементы мнемосхемы деаэрационной установки. Такие задачи дополняют Пособие элементами тренажера, что обуславливает эффективность его применения при переподготовке и повышении квалификации эксплуатационного персонала энергетических объектов.

#### Список литературы

1. **Шарапов В.И., Цюра Д.В.** Термические деаэраторы / Ульянов. гос. техн. ун-т. – Ульяновск, 2003.
2. **Зими́на О.В.** Печатные и электронные учебные издания в современном высшем образовании: Теория, методика, практика. – М.: Изд-во МЭИ, 2003.

Мошкарин Андрей Васильевич,  
ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,  
доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой тепловых электрических станций,  
телефон (4932) 41-60-56,  
e-mail: admin@tes.ispu.ru

Ледуховский Григорий Васильевич,  
ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,  
кандидат технических наук, доцент кафедры тепловых электрических станций,  
телефон 8-910-698-99-90,  
e-mail: lgv83@yandex.ru

Коротков Александр Александрович,  
ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,  
старший преподаватель кафедры тепловых электрических станций,  
e-mail: admin@tes.ispu.ru

Барочкин Юрий Евгеньевич,  
ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,  
инженер,  
e-mail: admin@tes.ispu.ru