

Б. А. СОКОЛОВ

ПАРОВЫЕ И ВОДОГРЕЙНЫЕ КОТЛЫ МАЛОЙ И СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ

*Допущено
Учебно-методическим объединением
по образованию в области энергетики и электротехники
в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по специальностям «Промышленная теплоэнергетика»
и «Энергетика теплотехнологий» направления подготовки «Теплоэнергетика»*

3-е издание, стереотипное



Москва
Издательский центр «Академия»
2011

УДК 621.18(075.8)
ББК 31.361я73
С594

Рецензенты:

профессор кафедры «Промышленные теплоэнергетические системы»
Московского энергетического института (Технический университет),
д-р техн. наук *А.Я. Шелгинский*;
профессор кафедры «Тепломассообменные процессы и установки»
Московского энергетического института (Технический университет),
канд. техн. наук *А.Л. Ефимов*

Соколов Б.А.

С594 Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Б.А. Соколов. — 3-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2011. — 128 с.

ISBN 978-5-7695-8032-1

Приведены классификация и конструкции современных котельных агрегатов. Рассмотрены основные элементы котлов: топки для сжигания различных видов топлива, каркасы и обмуровки, барабаны котлов, пароперегреватели, водяные экономайзеры, воздушные подогреватели. Большое внимание уделено эксплуатации и организации ремонта котельного агрегата.

Для студентов высших учебных заведений.

УДК 621.18(075.8)
ББК 31.361я73

*Оригинал-макет данного издания является собственностью
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом
без согласия правообладателя запрещается*

© Соколов Б.А., 2008
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2008
ISBN 978-5-7695-8032-1 © Оформление. Издательский центр «Академия», 2008

ПРЕДИСЛОВИЕ

При подготовке специалистов в области промышленной теплоэнергетики, энергетики теплотехнологий, автоматизации технологических процессов и производств большое внимание уделяется изучению широко распространенных теплотехнических устройств — котельных установок производственных, производственно-отопительных и отопительных котельных.

Котельные установки, назначением которых является производство пара или горячей воды, используются во многих областях энергетики, промышленности, коммунально-бытового хозяйства, а также сельскохозяйственного производства.

Котельные установки отличаются большим разнообразием конструкций и видов используемого топлива. Отличительными признаками котельной техники являются производительность и параметры используемых теплоносителей, принцип действия, компоновка, конструктивное исполнение, материалы, из которых выполнены элементы теплоиспользующего оборудования, и др.

В учебном пособии приведена классификация котельных агрегатов, рассмотрены основные элементы паровых и водогрейных котлов (топки для сжигания твердых, жидких и газообразных топлив, каркасы и обмуровки котлов, барабаны, пароперегреватели, водяные экономайзеры и воздушные подогреватели). Большое внимание уделено вопросам эксплуатации паровых и водогрейных котлов.

При изложении материала рассмотрены правила подготовки котельной установки к пуску, особенности пуска котла в работу, вопросы обслуживания котельной установки в процессе работы, планового и аварийного остановов котельного агрегата, организации и проведения ремонта и др.

Котельная техника непрерывно развивается, поэтому весьма важной является информация об основных на-

правлениях ее совершенствования. Данные вопросы также нашли отражение в книге.

Данное пособие знакомит студентов с проблемами энергетической эффективности теплоэнергетических агрегатов, особенностями паро-, теплогенерирующих котельных агрегатов.

Повышение энергетической эффективности составляет одно из направлений развития современной котельной техники малой и средней мощности наряду с уменьшением габаритных размеров котельных агрегатов, снижением токсичных выбросов монооксида углерода, оксидов азота, серы и др.

Приведенные сведения могут быть использованы при выполнении курсовых и дипломных проектов.

КЛАССИФИКАЦИЯ КОТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ

Котельные агрегаты для производства пара или горячей воды различаются многообразием конструктивных форм, принципов действия, используемых видов топлива и, как следствие, имеют разную производительность. В зависимости от назначения котельные агрегаты (котлы) подразделяют на отопительные, отопительно-производственные, производственные и энергетические.

Отопительные водогрейные котлы устанавливают в отопительных котельных, они вырабатывают горячую воду с температурой 90... 200 °С, которая используется для обеспечения тепловой энергией систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения.

Промышленные котельные агрегаты, устанавливаемые в производственных и отопительно-производственных котельных (соответственно это *производственные* и *отопительно-производственные котлы*), вырабатывают насыщенный или перегретый пар с температурой до 450 °С и давлением до 4 МПа, который используется в технологических процессах разных отраслей промышленности, а также для обеспечения тепловой энергией систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения.

Энергетические котлы имеют большую мощность (до 1 000 МВт) их устанавливают на электростанциях, где вырабатывают перегретый пар с температурой до 575 °С и давлением до 25 МПа, используемый для производства электрической и тепловой энергии.

Работа паровых котлов характеризуется номинальной паропроизводительностью и параметрами вырабатываемого пара (давление и температура перегрева). *Номинальная паропроизводительность* — наибольшая производительность, которую котел должен обеспечивать в условиях длительной эксплуатации при номинальных значениях параметров пара и питательной воды¹. По паропроизводительности различают *промышленные паровые котлы малой* (до 25 т/ч), *средней* (35... 75 т/ч) и *большой* (более 100 т/ч) *мощности*.

Работа водогрейных котлов характеризуется номинальной теплопроизводительностью, давлением и температурой входящей и

¹ *Питательная вода* — вода, подаваемая на вход котла, в отличие от *котловой воды*, которая циркулирует в системе котла.

выходящей из него воды. *Номинальная теплопроизводительность* — наибольшая теплопроизводительность водогрейного котла, которую он обеспечивает в условиях длительной эксплуатации при номинальных значениях параметров входящей и выходящей из него воды. По производимой тепловой энергии различают *водогрейные котлы малой* (до 10 Гкал/ч), *средней* (20...30 Гкал/ч) и *большой* (50 Гкал/ч и более) *теплопроизводительности*¹.

По способу организации движения теплоносителя — воды, пароводяной смеси и пара — различают две группы котельных агрегатов: с естественной (рис. 1.1, а) и принудительной (рис. 1.1, б, в) циркуляцией теплоносителя. По конструкции последние, в свою очередь, разделяются на котлы с многократной принудительной циркуляцией (см. рис. 1.1, б) и прямоточные (см. рис. 1.1, в).

В современных отопительных и отопительно-производственных котельных для производства пара используются в основном паровые котлы с естественной циркуляцией теплоносителя, а для производства горячей воды — водогрейные котлы с принудительным движением теплоносителя (воды), работающие по прямоточному принципу.

Паровые котлы с естественной циркуляцией теплоносителя выполняются из вертикальных труб, расположенных между двумя коллекторами (барабанами). Одна часть труб, называемых подъемными, обогревается факелом и продуктами горения (ПГ) топлива (q — падающий тепловой поток), другая часть труб, называемых опускными, обычно не обогревается и находится вне котельного агрегата. В обогреваемых трубах вода нагревается до температуры кипения, частично испаряется, и образующаяся пароводяная смесь поступает в барабан котла для разделения на пар и воду. Далее вода по опускным необогреваемым трубам из верхнего барабана поступает в нижние коллекторы (в некоторых котлах в нижний барабан).

Движение теплоносителя в паровых котлах с естественной циркуляцией осуществляется за счет напора, создаваемого разностью весов столбов воды в опускных и пароводяной смеси в подъемных трубах. *Кратность циркуляции* (отношение расхода котловой воды, проходящей через циркуляционный контур, к расходу производимого в нем пара) в паровых котлах с естественной циркуляцией воды может быть в пределах 10...100.

В паровых котлах с многократной принудительной циркуляцией поверхности нагрева выполняются в виде змеевиков, образуя-

¹ В технической документации и в специальной литературе теплопроизводительность измеряется также в единицах СИ, т.е. одновременно с приведенной используется градация водогрейных котлов *малой* (до 11,7 МВт), *средней* (23,4...35,0 МВт) и *большой* (58,5 МВт и более) *теплопроизводительности*.

Коэффициент перевода единиц измерения составит: 1 Гкал/ч = 1,17 МВт, так как 1 кал = 4,19 ≈ 4,2 Дж; 1 ч = 3 600 с; 1 Дж/с = 1 Вт.

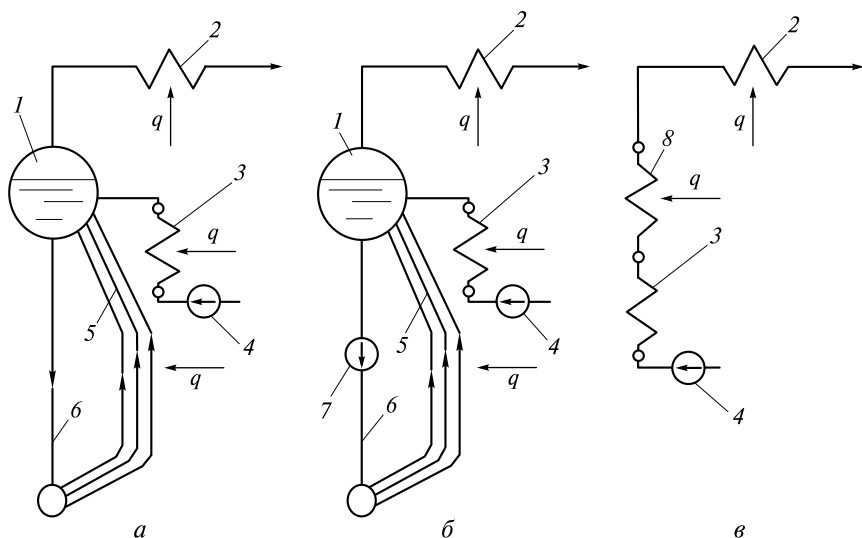


Рис. 1.1. Схемы движения воды, пароводяной смеси и пара в котлах с циркулирующей теплоносителем:

а — естественной; *б* — принудительной многократной; *в* — принудительной прямоточной; 1 — барабан; 2 — пароперегреватель; 3 — водяной экономайзер; 4 — питательный насос; 5 — обогреваемые (подъемные) трубы; 6 — опускные трубы; 7 — циркуляционный насос; 8 — испарительная поверхность нагрева; q — тепловой поток, действующий в направлении, показанном стрелкой

щих циркуляционные контуры. Движение воды и пароводяной смеси в таких контурах осуществляется с помощью циркуляционного насоса. Кратность циркуляции в паровых котлах с многократной принудительной циркуляцией воды может изменяться в пределах 5... 10.

В прямоточных паровых котлах кратность циркуляции составляет единицу, т.е. питательная вода по мере нагревания последовательно превращается в пароводяную смесь, насыщенный и перегретый пар. В водогрейных котлах вода при движении по контуру циркуляции нагревается за один заход от начальной до конечной температуры.

В соответствии с ГОСТ 3619—82 паровые котлы разделяются на котлы *низкого* (0,88; 1,36; 2,36 МПа), *среднего* (3,9 МПа), *высокого* (9,8 и 13,6 МПа) и *сверхкритического* (25 МПа) давления.

По виду используемого топлива котельные агрегаты подразделяются на *газовые*; *жидкотопливные*, работающие на мазуте, дизельном топливе, печном бытовом топливе; *твердотопливные*, работающие на бурых и каменных углях, антрацитах, торфе, горючих сланцах, дровах и древесной щепе; *комбинированные*, работающие на нескольких видах топлива (газ—мазут, газ—твердое топливо и др.).

По компоновке котельные агрегаты разделяются на П-, Т- образные, башенные, горизонтальные.

По уровню давления (разрежения) ПГ в газовом тракте различают котельные агрегаты с естественной тягой, с уравновешенной тягой, с наддувом и высоконапорные.

В котлах с естественной тягой во всем дымовом тракте имеет место разрежение, и движение ПГ осуществляется под действием напора, создаваемого за счет разности плотностей атмосферного воздуха и ПГ в дымовой трубе.

В котлах с наддувом в топке поддерживается давление 0,5... 1 кПа (50... 100 мм вод. ст.) и сопротивление дымового тракта преодолевается с помощью дутьевых вентиляторов. В высоконапорных котлах избыточное давление в газовом тракте превышает 0,1 МПа (1 атм).

По конструкции котельные агрегаты разделяются на секционные, жаротрубные, жарогазотрубные, водотрубные, горизонтально-водотрубные, вертикально-водотрубные; по виду материалов поверхностей нагрева — на чугунные и стальные.

По транспортабельности различают стационарные котлы, устанавливаемые на неподвижном фундаменте, и передвижные (транспортабельные).

Для маркировки паровых котлов используют следующие их стандартные обозначения: Е — котлы с естественной циркуляцией; П — прямоточные котлы; Пр — котлы паровые стационарные с принудительной циркуляцией без перегрева пара. При описании типоразмеров паровых котлов указывается следующее: первое число — паропроизводительность котла, т/ч; второе число — давление пара, МПа (или кгс/см²); последующие буквенные символы — обозначение используемого топлива.

Например, котел Е-2,5-13ГМ — это паровой газомазутный котел с естественной циркуляцией паропроизводительностью 2,5 т/ч и давлением пара 1,3 МПа (13 кгс/см²).

Заводы-производители часто используют свои системы маркировки. Например, котел ДКВР-10-13 — двухбарабанный, водотрубный паровой котел, реконструированный с паропроизводительностью 10 т/ч и давлением пара 1,3 МПа (13 кгс/см²).

В маркировке водогрейных котлов используются их основные характеристики: вид топлива, теплопроизводительность¹, Гкал/ч; температура воды, °С, на входе и выходе из котла.

Например, в маркировке водогрейного котла КВ-ГМ-30-150 указано, что это котел водогрейный, газомазутный с теплопроизводительностью 30 Гкал/ч (т.е. 35 МВт) и температурой воды на выходе из котла 150 °С.

¹ См. сноску на с. 6.

Контрольные вопросы

1. Какими параметрами характеризуется работа парового котла?
2. Какими параметрами характеризуется работа водогрейного котла?
3. Каким образом классифицируются котельные агрегаты по способу организации движения воды и пароводяной смеси?
4. Изобразите принципиальную схему котла с естественной циркуляцией.
5. Каким образом формируется стандартная маркировка котельных агрегатов?