

Киселев Н.А.

Котельные установки

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 621.3
ББК 31.352
К44

К44 **Киселев Н.А.**
Котельные установки / Киселев Н.А. – М.: Книга по Требованию, 2013. –
270 с.

ISBN 978-5-458-34618-4

В книге приведены общие сведения о котельных установках малой и средней производительности различного назначения и устройства. Дано описание элементов котельных агрегатов — топок, пароперегревателей, водяных экономайзеров и воздухоподогревателей, а также вспомогательного оборудования котельных. Рассмотрены устройства контрольно-измерительных приборов дистанционного и автоматического управления. Второе издание переработано в соответствии с новой программой. Книга предназначена для подготовки на производстве машинистов (кочегаров) котельных по обслуживанию водогрейных котлов.

ISBN 978-5-458-34618-4

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2013

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2013

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

Глава I

КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ С ВОДОГРЕЙНЫМИ И ПАРОВЫМИ КОТЛАМИ И ИХ КОМПОНОВКА

§ 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Котельными установками называется комплекс оборудования, предназначенного для превращения химической энергии топлива в тепловую с целью получения горячей воды или пара заданных параметров.

В зависимости от назначения различают следующие котельные установки: отопительные — для обеспечения теплом систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения; отопительно-производственные — для обеспечения теплом систем отопления, вентиляции, горячего водоснабжения и технологического водоснабжения и производственные — для технологического теплоснабжения.

Котельная установка состоит из котельного агрегата, вспомогательных механизмов и устройств.

Котельный агрегат включает топочное устройство, трубную систему с барабанами, пароперегреватель, водяной экономайзер, воздухоподогреватель, а также каркас с лестницами и помостами для обслуживания, обмуровку, газоходы и арматуру.

К вспомогательным механизмам и устройствам относят дымососы и дутьевые вентиляторы, питательные, водоподготовительные и пылеприготовительные установки, системы топливоподачи, золоулавливания (при сжигании твердого топлива), мазутное хозяйство (при сжигании жидкого топлива), газорегуляторную станцию (при сжигании газообразного топлива), контрольно-измерительные приборы и автоматы.

В процессе получения горячей воды или пара для отопления, производственно-технических и технологических целей служат вода, топливо и воздух (рабочим телом является вода).

В промышленности, сельском и коммунальном хозяйстве применяют различные виды котлов.

Паровой котел представляет собой устройство с топкой, обогреваемое продуктами сжигаемого в ней топлива и предназначенное для получения пара давлением выше атмосферного, используемого вне устройства, а водогрейный котел — такое же устройство, но предназначенное для нагревания воды, находящейся под давлением

выше атмосферного и используемой в качестве теплоносителя вне устройства.

Котел-утилизатор — это паровой или водогрейный котел, в котором в качестве источника тепла используются горячие газы технологического процесса, котел-бойлер — паровой котел, в паровом пространстве которого размещено устройство для нагревания воды, используемой вне котла, а в естественную циркуляцию включен отдельно стоящий бойлер.

Стационарным называют котел, установленный на неподвижном фундаменте, передвижным — котел, имеющий ходовую часть или установленный на передвижном фундаменте.

Пароперегреватель представляет собой устройство, предназначенное для перегрева пара выше температуры насыщения, соответствующей давлению в котле, в результате передачи ему тепла дымовыми газами, а экономайзер — устройство, обогреваемое продуктами сгорания топлива и служащее для подогрева или частичного испарения воды, поступающей в котел.

Воздухоподогреватель предназначен для подогрева поступающего в топочное устройство воздуха теплом уходящих газов.

Питательная установка состоит из питательных насосов для подачи воды в котел под давлением, а также соответствующих трубопроводов и арматуры, тягодутьевое устройство — из дутьевых вентиляторов, системы газозадуховодов, дымососа и дымовой трубы, обеспечивающих подачу необходимого количества воздуха в топочное устройство, движение продуктов сгорания по газоходам и удаление их за пределы котлоагрегата.

Устройство теплового контроля и автоматического управления включает контрольно-измерительные приборы и автоматы, обеспечивающие бесперебойную и согласованную работу котельной установки для выработки необходимого количества пара определенной температуры и давления.

В устройство для подготовки питательной воды входят аппараты и приспособления, обеспечивающие очистку воды от механических примесей и растворенных в ней накипеобразующих солей, а также удаление из нее газов.

Котельные установки, работающие на пылевидном топливе, оборудуют дробилками, сушилками, мельницами, питателями, вентиляторами, а также системой транспортеров и пылегазопроводов.

Устройство для удаления золы и шлака состоит из гидравлических систем и механических приспособлений: вагонеток или транспортеров или тех и других.

Топливный склад служит для хранения топлива. В зависимости от вида используемого топлива склад оборудуют:

при твердом топливе — механизмами для разгрузки и подачи топлива в котельную или топливоподготовительное устройство;

при жидком — приемными и подготовительными устройствами для слива топлива, а также хранилищами;

при газообразном — газорегуляторным пунктом (ГРП) или газорегуляторной установкой (ГРУ).

§ 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛА КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ

Схема районной отопительной котельной с водогрейными котлами 2 показана на рис. 1, а. Котлы предназначены для работы на жидком и газообразном топливе.

Воздух, необходимый для горения, подается в топку дутьевыми вентиляторами 5, а вода в котел — насосами 4, дымовые газы из

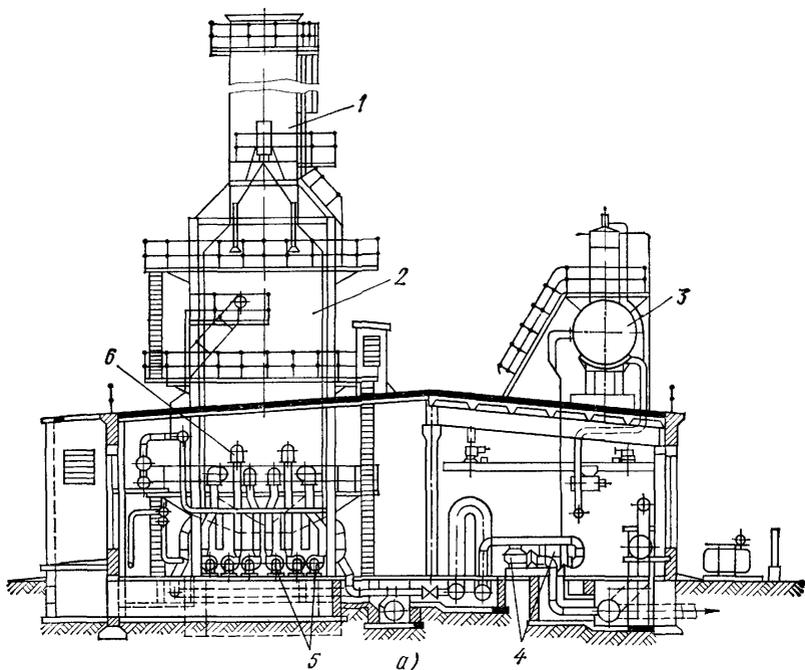


Рис. 1. Схема современных котельных установок:

a — с водогрейными котлами, *б* — с паровыми котлами; 1 — дымовая труба, 2 — котел, 3 — деаэрактор, 4 — питательный насос с электроприводом, 5 — дутьевые вентиляторы, 6 — горелки, 7 — топка, 8 — экранные трубы, 9 — опускная труба для подвода воды в коллектор, 10 — труба для продувки барабана котла, 11 — барабан котла, 12 — сепарационные устройства, 13 и 14 — паропроводы насыщенного пара для собственных нужд и перегретого пара к потребителю, 15 — парозапорный вентиль (завдвижка), 16 — коллектор, 17 — пароперегреватель, 18 — водяной экономайзер, 19 — питательный вентиль и обратный клапан, 20 — воздухоподогреватель, 21 — дымосос, 22 — питательный трубопровод, 23 — барботер, 24 — сепаратор непрерывной продувки, 25 — аккумулятор деаэрактора, 26 — питательный насос с паровым приводом, 27 — конденсатный насос, 28 и 29 — дренажные паропровод и конденсатный бак, 30 и 31 — водоосветлитель и водоумягчитель, 32 и 34 — насос и бак сырой воды, 33 — конденсат от потребителя, 35 — воздушный колапк, 36 и 42 — насосы для подачи топлива к горелкам и в бак, 37 и 47 — фильтры для жидкого топлива и газа, 38 — конденсационные горшки, 39 — мазутохранилище, 40 — приемок, 41 — змеевик, 43 — железнодорожный путь, 44 — приемный лоток, 45 — железнодорожные цистерны, 46 — манометр, 48 — предохранительный клапан, 49 — регулятор давления, 50 — продувочная свеча, 51 — сбросная линия от предохранительного клапана, 52 — счетчик расхода газа, 53 — термометр, 54 и 55 — трубопроводы подвода газа и мазута к горелкам

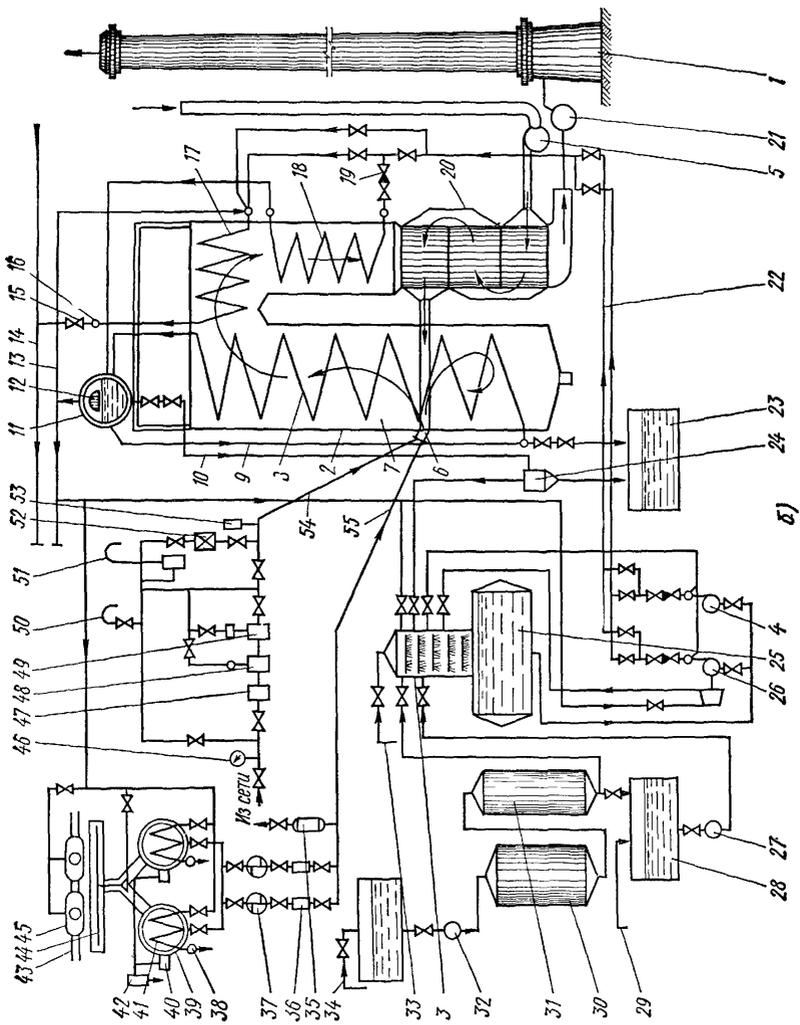


Рис. 1. Продолжение

котла удаляются в атмосферу за счет естественной тяги через трубу 1. На перекрытии котельного здания установлен деаэратор 3.

Вода, нагретая в котле, поступает к потребителю, где отдает часть тепла и с пониженной температурой снова возвращается в котел для последующего подогрева. Топочное устройство оборудовано горелками 6.

Схема современной паровой котельной установки показана на рис. 1, б. Технологический процесс производства пара осуществляется в такой последовательности: жидкое топливо, поступающее в котельную по трубопроводу 55, и газообразное — по трубопроводу 54, смешиваются в горелке 6 с воздухом из воздухоподогревателя 20 и сгорают в топке 7.

Воздух, необходимый для сгорания топлива, забирается вентилятором 5 из верхней зоны помещения котельной, подается в воздухоподогреватель 20 для подогрева за счет тепла дымовых газов. Тепло, выделившееся при сгорании топлива, передается воде через поверхности нагрева котла 2 излучением — в топке 7 и конвекцией от нагретых газообразных продуктов сгорания в газоходах котла.

Образовавшийся в экранных трубах 8 котла насыщенный пар собирается в барабане 11, откуда, пройдя сепарационные устройства 12, направляется через коллектор в пароперегреватель 17, где перегревается до заданной температуры, а затем через сборный коллектор 16 и главный паропровод (через запорный вентиль или задвижку 15) идет к потребителю.

Конденсат 33 отработавшего пара, вернувшийся от потребителя, направляется в деаэратор 3, который служит для удаления из воды воздуха и активных газов. Туда же насосом 27 подается добавочная химически очищенная вода.

После деаэрации вся питательная вода подается питательными насосами 4 или 26 в водяной экономайзер 18, где за счет тепла уходящих газов вода подогревается и поступает в барабан 11, а из барабана — в систему экранных труб 8, где и происходит процесс парообразования.

Уходящие из топки нагретые газы проходят последовательно между трубами пароперегревателя, водяного экономайзера и внутри труб воздухоподогревателя, отдавая тепло на перегрев пара, подогрев питательной воды и воздуха, охлаждаются и дымососом 21 удаляются через трубу 1 в атмосферу.

Работа паровых котлов характеризуется паропроизводительностью D , т. е. количеством пара, вырабатываемого в единицу времени (измеряется в т/ч или кг/с), параметрами получаемого пара — давлением P , температурой t и коэффициентом полезного действия η_k , который определяет степень использования в котле теплоты сгорания топлива.

Работа водогрейных котлов характеризуется теплопроизводительностью Q — количеством тепла, вырабатываемого в единицу времени, температурой нагрева воды и коэффициентом полезного действия.

§ 3. УСТРОЙСТВО КОТЕЛЬНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Котельная представляет собой промышленное здание, в котором размещаются котельный агрегат и вспомогательные устройства. Размещение оборудования котельной установки внутри здания или на открытой площадке называют компоновкой.

По характеру сооружения и компоновке оборудования котельные подразделяют на закрытые, полукрытые и открытые.

В закрытых котельных (рис. 2, *а*) все оборудование находится внутри здания. В котельных полукрытого типа задняя стена котельного здания располагается за экономайзером. Вне здания устанавливают дымососы, деаэраторы и другое оборудование, за которым не требуется постоянного надзора.

В котельных открытого типа (рис. 2, *б*), где закрывают только переднюю — фронтальную часть котлов 5, находятся обслуживаю-

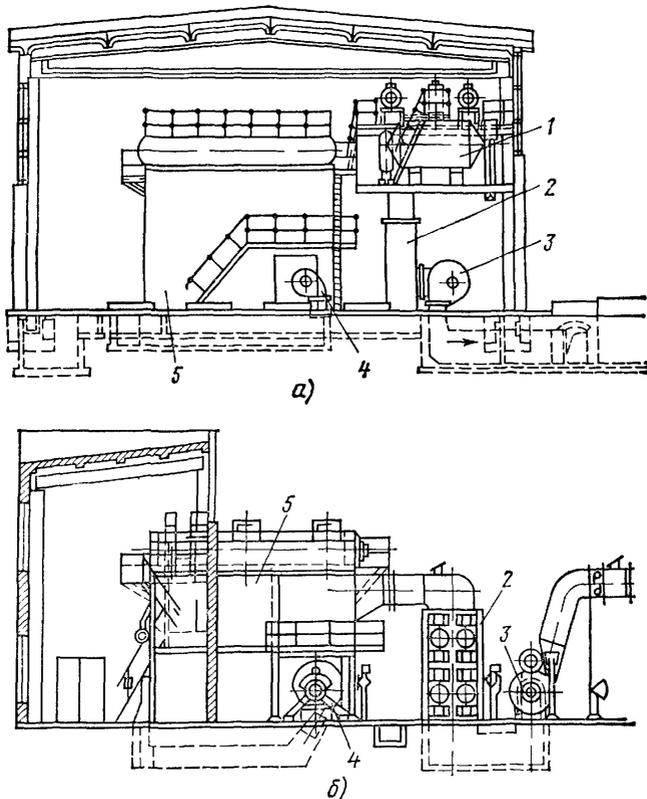


Рис. 2. Котельные установки:
а — закрытые, *б* — открытые; 1 — деаэратор, 2 — экономайзер, 3 — дымосос, 4 — дутьевой вентилятор, 5 — котел

щий персонал, измерительные приборы, устройства регулирования и управления работой котлов, питательные насосы, оборудование водоподготовки (за исключением деаэраторов).

Все котельные установки с температурой воды выше 115°C и давлением пара выше 0,07 МПа (0,7 кгс/см²) подлежат регистрации в Госгортехнадзоре СССР, контролирующем соответствие оборудования и здания котельной установленным правилам.

Размеры зданий котельных и материалы, из которых их выполняют, величины проходов между стенами и оборудованием, а также расстояния до ферм и перекрытий определяются Правилами и нормами Госгортехнадзора и Госстроя СССР.

Контрольные вопросы

1. Какие виды котельных установок применяют в народном хозяйстве?
2. Из каких элементов состоит котельный агрегат и каково их назначение?
3. Что относят к вспомогательным устройствам котельного агрегата?
4. Как протекает технологический процесс в котельной установке?
5. Чем отличаются закрытые котельные от полукрытых и открытых?

Глава II

ВОДА ДЛЯ ПИТАНИЯ ПАРОВЫХ И ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ

§ 4. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНЫХ ВОД И ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ

Надежная и экономичная работа котельной установки в значительной степени зависит от качества воды, применяемой для питания котлов.

Источниками водоснабжения для питания котлов могут служить пруды, реки, озера, а также грунтовые или артезианские воды, городской или поселковый водопровод. Природные воды обычно содержат примеси в виде растворенных солей, коллоидные и механические примеси, поэтому непригодны для питания паровых котлов без предварительной очистки.

Водные растворы твердых веществ. Твердые вещества, содержащиеся в воде, разделяют на механически взвешенные примеси, состоящие из минеральных и иногда органических частиц, коллоидно-растворенные вещества и истинно растворенные вещества. Количество веществ, растворенного в единице раствора (воде), определяет концентрацию раствора и обычно выражается в миллиграммах на килограмм раствора (мг/кг).

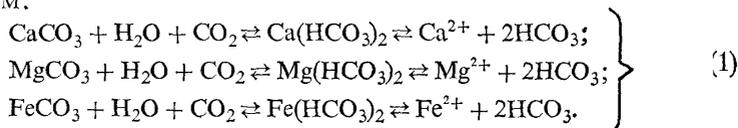
Вода, как и всякая жидкость, может растворять только определенное количество того или иного вещества, образуя при этом насыщенный раствор, а избыточное количество вещества остается в нерастворенном состоянии и выпадает в осадок.

Различают вещества, хорошо и плохо растворимые в воде. К веществам, хорошо растворимым в воде, относят хлориды (соли хло-

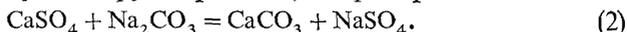
ристоводородной кислоты) CaCl_2 , MgCl_2 , NaCl , к плохо растворимым — сульфиды (соли серной кислоты) CaSO_4 , MgSO_4 , NaSO_4 и силикаты (соли кремниевой кислоты) CaSiO_3 , MgSiO_3 . Присутствие сульфидов и силикатов в воде приводит к образованию твердой накипи на поверхности нагрева котлов.

Растворимость веществ зависит от температуры жидкости, в которой они растворяются. Различают вещества, у которых растворимость увеличивается с ростом температуры, например CaCl_2 , MgCl_2 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, и у которых уменьшается, например CaSO_4 , CaSiO_3 , MgSiO_3 .

В частности, при нагревании воды до $70-75^\circ\text{C}$ начинается термический распад хорошо растворимых бикарбонатов кальция и магния с переходом в плохо растворимые карбонаты и гидраты по реакциям:



При дальнейшем нагреве воды в паровом котле до 200°C и выше могут возникнуть и другие реакции, например



Большинство твердых веществ, растворимых в воде, представляет собой электролиты, т. е. вещества, молекулы которых в водной среде распадаются на ионы, атомы или группу атомов, несущих электрический заряд. Молекула электролита распадается на два иона. Один из них имеет положительный заряд, называется *катионом* и обозначается знаком «+», другой имеет отрицательный заряд, называется *анионом* и обозначается знаком «-». Металлы, входящие в молекулу электролита (магний Mg, кальций Ca, железо Fe), становятся катионами, а металлоиды (хлор Cl, сера S) — анионами. При этом вода как электролит является всегда электрически нейтральной, поскольку сумма положительно заряженных ионов — катионов всегда равна сумме отрицательно заряженных ионов — анионов.

Обычно в природной воде присутствуют катионы Ca^{2+} , Mg^{2+} + Na , Fe^{2+} и анионы HCO_3^- + Cl^- , SO_4^{2-} , Si_3^{3-} . В слабых растворах на ионы распадается все количество электролита, растворенное в воде, в более концентрированных растворах — только часть растворенного электролита. Количество растворенного в воде электролита называется *степенью электролитической диссоциации*.

Газовые растворы. В неочищенной, так называемой сырой воде, обычно растворены азот, кислород, двуокись углерода и сероводород. Все они нежелательны, но особенно вредными являются коррозионно-активные газы: кислород и двуокись углерода. Кислород, попавший в котельный агрегат и трубопроводы, непосредственно вступает в реакцию с металлом. Газы имеют различную растворимость, которая всегда уменьшается с повышением температуры жидкости. При температуре кипения жидкости газы полностью те-

ряют способность растворяться. Степень растворимости в воде при атмосферном давлении кислорода, двуокиси углерода и сероводорода приведена в табл. 1. Согласно закону Генри концентрация газа, растворенного в жидкости, прямо пропорциональна давлению газа над раствором.

Показатели качества воды. Качество воды характеризуется прозрачностью (содержанием взвешенных веществ), сухим остатком, жесткостью, щелочностью, окисляемостью.

Сухой остаток содержит общее количество растворенных в воде веществ: кальция, магния, натрия, аммония, железа, алюминия и др., которые остаются после выпаривания воды и высушивания остатка при 110°C. Сухой остаток выражают в миллиграммах на килограмм или в микрограммах на килограмм.

Жесткость воды характеризуется суммарным содержанием в воде солей кальция и магния, являющихся накипеобразователями. Различают жесткость общую, временную (карбонатную) и постоянную (некарбонатную).

Общая жесткость представляет собой сумму величин временной и постоянной жесткости и характеризуется суммой содержания в воде кальциевых и магниевых солей: сернокислых (CaSO_4 и MgSO_4), хлористых (CaCl_2 и MgCl_2), азотнокислых ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ и $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$), кремнекислых (CaSiO_3 и MgSiO_3), фосфорнокислых ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ и $\text{Mg}(\text{PO}_4)_2$), двууглекислых ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$).

Временная жесткость характеризуется содержанием в воде бикарбонатов кальция и магния $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$. Постоянная жесткость обуславливается содержанием указанных выше солей кальция и магния, за исключением двууглекислых.

Для определения величины жесткости в настоящее время установлена согласно ГОСТ 6055—51 единица показателя жесткости — миллиграмм-эквивалент на 1 кг раствора (мг-экв/кг) или микрограмм-эквивалент на 1 кг раствора (мкг-экв/кг); 1 мг-экв/кг жесткости соответствует содержанию 20,04 мг/кг иона кальция Ca^{2+} или 12,16 мг/кг иона магния Mg^{2+} .

Общая жесткость воды, мг-экв/кг, выражается суммарной концентрацией в воде катионов Ca^{2+} (кальциевая жесткость) и Mg^{2+} (магниевая жесткость)

$$Ж_0 = \frac{\text{Ca}^{2+}}{20,04} + \frac{\text{Mg}^{2+}}{12,16}, \quad (3)$$

Таблица 1. Содержание растворенных газов, мг/кг, в зависимости от температуры жидкости

Температура жидкости, °С	Кислород O_2	Двуокись углерода CO_2	Сероводород H_2S
0	69,5	3350	7070
20	43,4	1690	3850
40	30,8	970	2360
60	22,8	580	1480
80	13,8	—	765

Примечание. При температуре жидкости 100°C и выше кислород, двуокись углерода и сероводород отсутствуют.

где Ca^{2+} и Mg^{2+} — концентрация в воде соответственно катионов кальция и магния, мг/кг; 20,04 и 12,16 — соответственно их эквивалентные массы, мг-экв/кг.

Карбонатная жесткость, мг-экв/кг,

$$Ж_k = \frac{\text{HCO}_3^-}{61,02}, \quad (4)$$

где HCO_3^- — концентрация в воде соответственно анионов бикарбонатов кальция и магния, мг/кг; 61,02 — их эквивалентная масса, мг-экв/кг.

Постоянная (некарбонатная) жесткость, мг-экв/кг,

$$Ж_{\text{п}} = Ж_{\text{о}} - Ж_{\text{к}}. \quad (5)$$

Эквивалентная масса равна молекулярной массе вещества, деленной на его валентность.

В качестве примера приведена табл. 2 эквивалентных масс солей жесткости.

Таблица 2. Эквивалентные массы солей жесткости

Соединение	Символ	Молекулярная масса	Эквивалентная масса, мг-экв/кг
Бикарбонат кальция	$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	162,12	81,06
Сульфат кальция	CaSO_4	136,14	68,07
Хлорид кальция	CaCl_2	110,99	55,495
Сульфат магния	MgSO_4	120,38	60,19
Хлорид магния	MgCl_2	95,23	47,615

Щелочность воды характеризуется содержанием в ней щелочных соединений. Сюда относят гидраты, например NaOH — едкий натр, карбонаты Na_2CO_3 — кальцинированная сода, бикарбонаты NaHCO_3 , Na_3PO_4 и др. Величина щелочности воды равна суммарной концентрации в ней гидроксильных, карбонатных, бикарбонатных, фосфатных и других анионов слабых кислот, выраженной в эквивалентных единицах (мг-экв/кг или мкг-экв/кг). В зависимости от преобладающего наличия в воде анионов тех или иных солей различают щелочность: гидратную (концентрация в воде гидроксильных анионов OH^-), карбонатную (концентрация карбонатных анионов CO_3^{2-}) и бикарбонатную (концентрация бикарбонатных анионов HCO_3^-).

Окисляемость характеризуется наличием в воде кислорода и двуокси углерода, выраженных в миллиграммах или микрограммах на килограмм.

Данные о составе некоторых речных вод Советского Союза приведены в табл. 3.