

УДК 621.182

В. И. ЗЯТИНА, О. С. КОВАЛЬЧИК, А. А. ТУДОР, П. В. РЫБАЛКО
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ВОДОПОДГОТОВКА ДЛЯ ОТОПИТЕЛЬНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ КОТЕЛЬНЫХ

Аннотация. Рассмотрены характеристики воды, используемой в качестве теплоносителя в котельных установках, с последующей химводоподготовкой. Выполнен анализ состава и качества воды из централизованного водоснабжения до и после соответствующей обработки.

Ключевые слова: химводоподготовка, централизованное водоснабжение, котельные установки.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В теплоэнергетической промышленности важным технологическим этапом является химводоподготовка теплоносителя. Наличие минеральных примесей усложняет и делает невозможным процесс теплообмена за счет образования на поверхностях теплообменников и котлов накипи. Кроме котлов, отложениям подвержены пароперегреватели и турбины, что в целом усложняет работу системы. Главными задачами в коммунальном хозяйстве и теплоснабжении являются экономия энергоресурсов и обеспечение безаварийной и надежной работы котельного оборудования, что напрямую связано с качеством воды на входе в котел.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Присутствие в природной воде естественных минеральных примесей и солей приводят к образованию накипи и коррозии. Основанием для данной работы послужил анализ существующих методов и выбор систем водоподготовки в ЖКХ, в муниципальных поселках, проведенный в 2009 году [1], в ходе которого были обследованы маломощные котельные отопления и горячего водоснабжения на предмет выявления типовых проблем коммунального водо- и теплоснабжения. Также проанализирована вода на входе в котел на всех стадиях технологического процесса. Полученные данные позволяют говорить о том, что в настоящее время на большинстве исследованных котельных практически отсутствуют функционирующие системы обработки воды при подаче ее на котельное оборудование.

Даже при наличии систем водоподготовки технический контроль за их состоянием не проводится. Поэтому при полном отсутствии достоверного аналитического контроля большинство котельных не способны эффективно выполнять свою функцию. В итоге выявлено, что сроки службы котельного и сетевого оборудования Брейтовской центральной котельной существенно меньше нормативных сроков в среднем в 2–3 раза [1].

Основные проблемные вопросы водоподготовки котельных установок:

- высокая степень износа котельного и сетевого оборудования, постоянная необходимость ремонта котлов и сетей;
- низкие показатели качества воды, высокие утечки в магистральных;
- отсутствие должного технологического и административного контроля за показателями и режимами работы оборудования;
- низкие технико-экономические показатели работы котельных вследствие высоких непроизводительных затрат на эксплуатацию оборудования и сетей.

Еще одной немаловажной проблемой работы котельных установок являются промывные воды фильтров химводоподготовки, содержащие огромное количество примесей в концентрированном виде.

При наличии накипи толщиной в 1 мм котел перерасходует в среднем от 2 до 3 % топлива, так как теплопроводность накипи в 200 раз ниже теплопроводности конструкционной стали. Отложения накипи в 1 мм поглощают до 10 % тепловой энергии, а если на стенках котла или бойлераросло 13 мм, то теряется уже 70 % тепла, (рис. 1) [1]. По данным английской фирмы A&S Researchinc. 3 мм накипи поглощают 25% тепловой энергии, 7 мм – 39 % (рис. 1) [1].

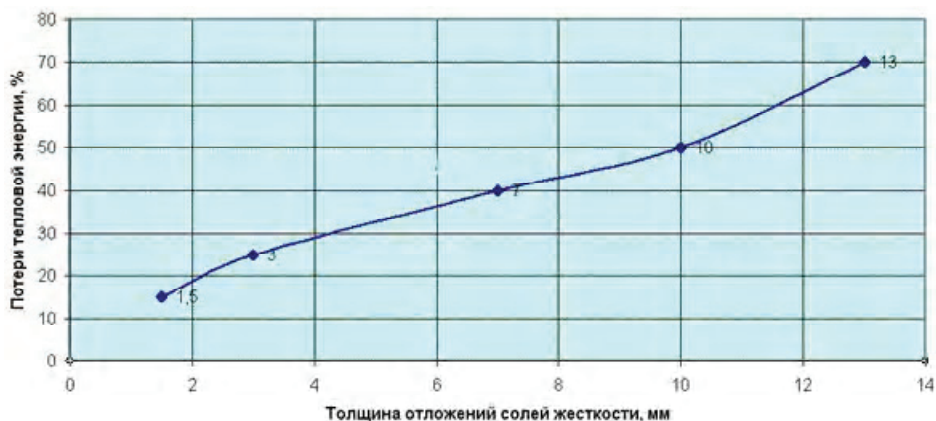


Рисунок 1 – Зависимость потерь тепловой энергии через греющую поверхность от толщины слоя отложений солей жесткости.

Накипь приводит к значительному перерасходу энергоносителей, снижению КПД, перегреву поверхностей нагрева котлов, сужению просвета труб и каналов, что создает дополнительное сопротивление движению воды, увеличению затрат на обслуживание и ремонт теплообменного оборудования. Кроме того, под слоем накипи происходит накопление примесей, вызывающих ускоренную коррозию металла [1].

Таким образом, совершенно четко видны проблемы и трудности химводоподготовки на котельных установках, а также утилизации промывных вод от технологического процесса очистки воды.

ЦЕЛЬ

Повышение срока службы котельного оборудования и сетей горячего тепло- и водоснабжения. Устранение проблем с нейтрализацией агрессивных стоков, сбрасываемых в канализацию.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Существуют нормативные требования к качеству подпиточной воды систем теплоснабжения табл. 4 [12]. Согласно п. 8 [11] «Водно-химический режим работы котельной должен обеспечивать работу котлов, тепловых сетей, теплообменного оборудования без коррозионных повреждений, отложений накипи и шлама внутри и снаружи оборудования, а также воды требуемого качества».

Подбор и метод химводоподготовки начинается с анализа качества исходной воды. На основании требований к очистке воды и производительности котла выбирается способ умягчения воды.

Наиболее часто применяемая система водоподготовки котлов включает: механическую очистку воды, системы декарбонизации и деаэрации воды. Для удаления солей жесткости используются натрий-катионитовые фильтры, так как они обладают высокой обменной емкостью.

Наиболее распространенными являются умягчение на натрий-катионитовых фильтрах; известкование; снижение общего солесодержания на установках обратного осмоса; обработка на Н- и ОН-ионообменных фильтрах. В зависимости от системы теплоснабжения, назначения воды и мощности котла вода на входе в котел должна соответствовать требуемым нормам качества воды табл. 9 [11]. Для теплосетей и котлов низкого давления применяется умягчение воды через натрий-катионитовые фильтры, а для котлов высокого давления уже деминерализация и деаэрация воды. Также обязательной процедурой является обеззараживание воды. Наибольшее распространение получили

озонирование, ультрафиолетовое облучение и хлорирование. В настоящее время очистка воды с помощью озона один из самых эффективных и безопасных методов очистки. При применении комплексных систем химводоподготовки снижается риск проблем: уменьшается периодичность капитальных ремонтов и проходят они с меньшими затратами; уменьшается перерасход электро- и тепловой энергии и газа; повышается качество теплоснабжения.

Для понимания режима работы котельных установок нами был проведен мониторинг основных параметров работы котельной в период с 01.09.18 по 30.09.18 гг. Исследовался температурный режим работы котельной совместно с журналом температурного графика работы, результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Температурный график работы котельной

Дата	Температура наружного воздуха, в °С	Температура прямой воды, в °С	Температура обратной воды, в °С	Температура смещения, °С
01.01.18	+10	49	33	38
02.01.18	+9	52	34	40
03.01.18	+8	56	36	42
04.01.18	+7	60	38	44
05.01.18	+6	63	39	46
06.01.18	+5	66	40	48
07.01.18	+4	69	41	50
08.01.18	+3	72	42	52
09.01.18	+2	76	43	54
10.01.18	+1	80	44	56
11.01.18	+0	83	46	60
12.01.18	-1	85	47	61
13.01.18	-2	88	48	62
14.01.18	-3	92	50	63
15.01.18	-4	95	51	65
16.01.18	-5	98	52	67
17.01.18	-6	101	53	69
18.01.18	-7	102	54	71
19.01.18	-8	108	56	72
20.01.18	-9	111	57	73
21.01.18	-10	114	58	75
22.01.18	-11	117	59	77
23.01.18	-12	120	60	79
24.01.18	-13	123	61	80
25.01.18	-14	126	62	82
26.01.18	-15	129	63	84
27.01.18	-16	132	64	86
28.01.18	-17	135	65	88
29.01.18	-18	138	66	90
30.01.18	-19	141	67	91

Таблица 1 характеризует нагрузку на котельное оборудование в зависимости от температуры наружного воздуха, что соответственно меняет условия работы теплоносителя и узла химводоподготовки. Тем самым можно спрогнозировать количество регенераций ионообменных фильтров и количество промывных вод.

Химводоподготовка воды на стадии предварительной очистки удаляет из жидкости превышения по органолептическим показателям – мутность, цветность и запах. Далее, в зависимости от показателей качества исходной воды могут использоваться аэрационные колонны или иные фильтры-обезжелезиватели. Завершает цикл очистки, как правило, умягчающая установка с фильтром тонкой очистки для предотвращения проскока фильтрующей загрузки (рис. 2) [8].

Данная схема может дополнительно оснащаться устройствами озонирования для обеззараживания и поддержания надлежащего санитарного состояния сетей и оборудования. Метод предназначен для воды с высоким содержанием солей жесткости и солей железа (рис. 2).

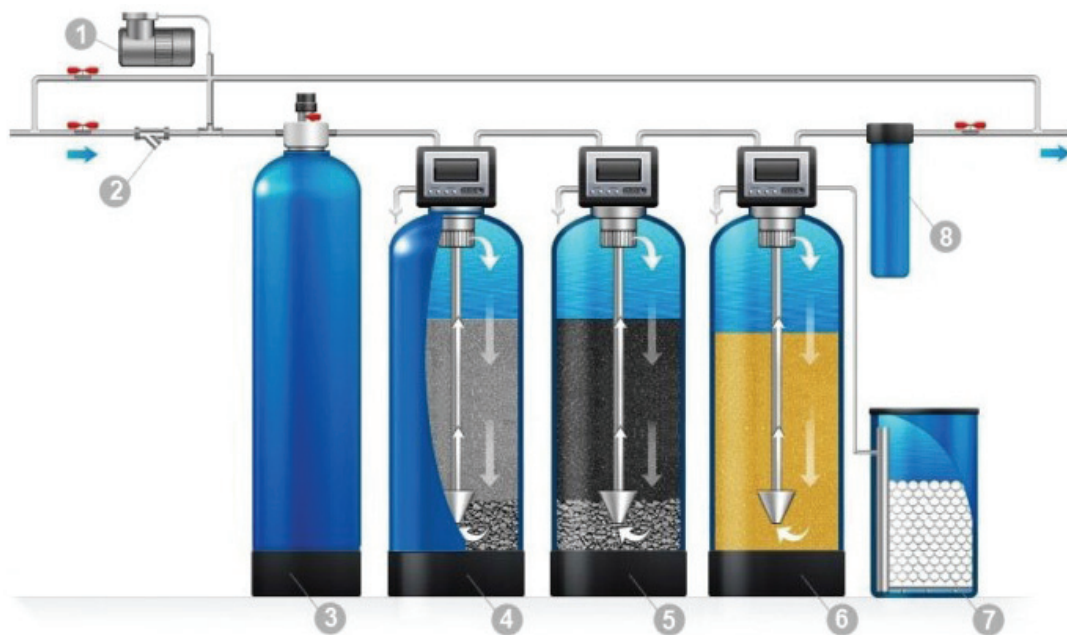


Рисунок 2 – Метод очистки и умягчения воды: 1 – насосная станция; 2 – фильтр-грязевик; 3 – аэрационная колонна; 4 – безреагентный обезжелезиватель; 5 – сорбционный фильтр; 6 – умягчитель; 7 – бак-солерастворитель; 8 – фильтр тонкой очистки.

Данная установка химводоподготовки разработана В. А. Присяжнюком (рис. 3) специально для Кременчугской ТЭС. Технология очистки состоит в том, что поступающая вода без предварительной дегазации проходит магнито-гидродинамический резонатор, в реактор подается определенное количество осадительного реагента. Далее заключительный этап механической очистки – песчаный фильтр. После чего происходит полное умягчение жидкости на ионообменных фильтрах. В конце очистки поступает вода в сборник умягченной, так называемой осветленной воды [8].

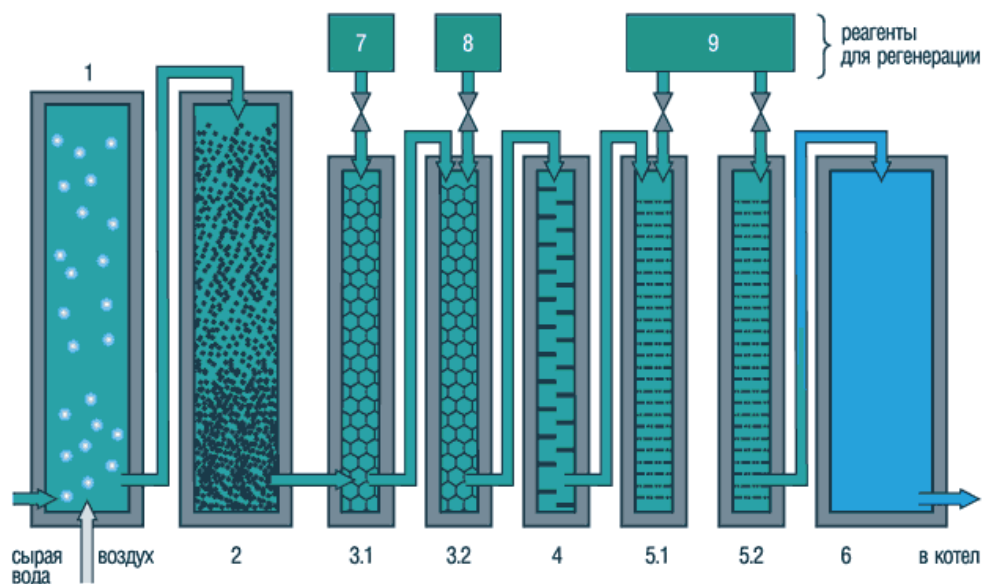


Рисунок 3 – Метод глубокого умягчения (деминерализация воды): 1 – аэратор; 2 – песчаный фильтр; 3 (3.1, 3.2) – катионообменные фильтры; 4 – декарбонизатор; 5 (5.1, 5.2) – анионообменные фильтры; 6 – сборник деминерализованной воды; 7 – раствор хлорида натрия на регенерацию катионита; 8 – раствор кислоты на регенерацию катионита; 9 – раствор щелочи на регенерацию анионита.

Классификация природной воды по степени жесткости приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Качественная классификация воды по степени жесткости

Характеристика воды	Концентрация Ca^{2+} и Mg^{2+} , мг-экв/л	Жесткость воды, выраженная в ррп CaCO_3	Немецкие градусы жесткости, dH (реже dGH)
Очень мягкая вода	0–1,4	0–70	0–4
Мягкая вода	1,8–2,8	88–140	5–8
Вода средней жесткости	3,2–4,2	158–210	9–12
Довольно жесткая вода	4,6–6,3	228–315	13–18
Жесткая вода	6,6–10,5	332–525	19–30
Очень жесткая вода	свыше 10,5	более 525	более 30

Проведен сравнительный анализ качества питьевой воды, подаваемой потребителям, в том числе испытываемой котельной, от КП «Компания "Вода Донбасса"» Верхнекальмиусской фильтровальной станции (г. Донецк, г. Ясиноватая), за сентябрь, 2018 г. (табл. 3).

Таблица 3 – Качество воды потребляемой котельной до химводоподготовки

№ п/п	Наименование показателя	Единица измерения	Периодичность контроля	Нормативы ГосСанПин 2.2.4-171-10, не более [13]
1	Мутность	мг/дм ³	ежедневно	0,58 (2,0*)
2	Цветность	град	ежедневно	20 (35*)
3	Водородный показатель	ед. рН	ежедневно	6,5–8,5
4	Жесткость общая	ммоль/дм ³	ежедневно	7,0 (10,0*)
5	Сухой остаток	мг/дм ³	1 раз в 2 недели	1000 (1500*)
6	Железо общее	мг/дм ³	еженедельно	0,2 (1,0*)
7	Сульфаты	мг/дм ³	1 раз в 2 недели	250 (500*)
8	Хлориды	мг/дм ³	еженедельно	250 (350*)
9	Нитраты	мг/дм ³	еженедельно	50
10	Алюминий	мг/дм ³	ежедневно	0,5
11	Марганец	мг/дм ³	ежемесячно	0,05 (0,5*)
12	Медь	мг/дм ³	ежемесячно	1
13	Окисляемость перманганатная	мгО/дм ³	ежедневно	5,0

Перечень анализируемых показателей и их периодичность выполняются по согласованию с органом санитарно-эпидемиологической службы.

* – допустимые значения, по согласованию с органами сан-эпидемиологической службы и ПДК согласно ТУ У 41.0-00191678-001(002):200.

Качество подпиточной и исходной воды водогрейных котлов и водоподготовки после обработки на исследуемой котельной станции приведено в таблице 4. Согласно данным, полученным от исследований, установлено, что качество подаваемой воды на котельные установки соответствует нормам хозяйственно-питьевого водоснабжения, но при использовании в системах циркуляционного водоснабжения есть риск концентрирования ионов кальция и магния, что приводит к повышенному накипеобразованию на поверхности котельных агрегатов.

Соответственно, для надлежащего функционирования котельного оборудования требуется качественная подготовка исходной и подпиточной воды, что приводит к образованию избыточного количества концентрированных промывных вод. Для решения проблем с нейтрализацией загрязненных стоков, сбрасываемых в канализацию одним из путей может выступать устройство безреагентных систем химводоподготовки, среди которых большое распространение получила магнитная обработка воды [9–10] известна с 1936 г. Этот метод предотвращения отложений накипи на теплообменных поверхностях без нагрева не умягчает воду, не снижается ее карбонатную и общую жесткость. Механизм предотвращения накипеобразования на теплообменных поверхностях с помощью магнитной обработки, сводится к изменению водной структуры. В результате карбонат кальция, который обычно кристаллизуется, начинает кристаллизоваться в арагонит, который не откладывается на теплообменных поверхностях. Более того, если отложения кальция промывать уже магнитной водой, он

Таблица 4 – Результаты химического анализа после химводоподготовки

№ п/п	Показатели	Единицы измерения	ГосСанПин 2.2.4-171-10, (не более) [13]	СанПиН 2.1.4.559 [14]	Результаты анализируемой воды
1	Цветность	градус	20–35	20	13
2	Мутность	мг/дм ³	1,5–2,0	2,6	< 0,58
3	рН	Ед. рН	6–9	6,5–9,5	6,7
4	Нитраты	мг/дм ³	45,0	50,0	1,38
5	Хлориды	мг/дм ³	350,0	250,0	15,0
6	Сульфаты	мг/дм ³	500,0	250,0	70,3
7	Жесткость общая	мг-экв/л	7,0	1,0	2,6
8	Кальций	мг/дм ³	130,0	30–140	34,1
9	Магний	мг/дм ³	65,0	20–85	10,9
10	Перманганатная окисляемость	мг/дм ³	5,0–7,0	5,0	4,4
11	Железо общее	мг/дм ³	0,3–1,0	0,2	< 0,1
12	Медь	мг/дм ³	1,0	2,0	< 0,002
13	Марганец	мг/дм ³	0,1	0,05	< 0,01
14	Сухой остаток	мг/дм ³	1 000,0	1000,0	225,0
15	Алюминий	мг/дм ³	0,5	0,2	0,19

переходит в арагонит, отложения разрыхляются, отслаиваются от поверхности и уносятся потоком воды [8].

На сегодняшний день чаще всего применяются классические, реагентные способы подготовки воды, которые требуют регенерации концентрированными растворами. После чего образуют избыточное количество шламовых вод, утилизировать которые простым сбросом в канализационную сеть не представляется возможным.

ВЫВОДЫ

Отопительные котельные должны проводить технологический и административной контроль за показателями качества воды, режимами работы всего оборудования и сетей. Системы химводоподготовки нуждаются в модернизации и внедрении современных подходов к обработке исходной и подпиточной воды. Мало изучен вопрос нейтрализации либо безопасной утилизации промывочных вод от установок умягчения, одним из таких способов является применение выпарных станций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михайлов, Е. А. Методы подготовки питательной воды котлов и современное оборудование для коммунального тепло и водоснабжения [Текст] : учеб. пособие / Е. А. Михайлов, Ю. С. Кашенков, А. Г. Маланов. – Ярославль : Издательство ЯГТУ, 2009. – 156 с.
2. Котенко, А. Э. Опыт эксплуатации обратноосмотических систем химводоподготовки [Электронный ресурс] / А. Котенко, Э. Видхальм // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. 2007. – № 8. – Режим доступа : <https://www.c-o-k.ru/articles/iz-opyta-ekspluatatsii-obratnoosmoticheskikh-sistem-himvodopodgotovki-v-avstrii>.
3. СНиП II-35-76 Котельные установки [Текст] : Глава 10. Водоподготовка и водно-химический режим. – Взамен СНиП II-Г.9.65, СН 350-66. – Введ. 1978-01-01. – М. : Госстрой СССР, 1997. – 54 с.
4. Иванова, Е. С. Производственно-отопительная котельная [Текст] : метод. указания / Е. С. Иванова, Л. В. Артева. – Ухта : УГТУ. – 42 с.
5. Вихрев, В. Ф. Водоподготовка [Текст] : учеб. для вузов / В. Ф. Вихрев, М. С. Шкроб. – Л. : Энергия, 1966. – 420 с.
6. Громогласов, А. А. Водоподготовка: процессы и аппараты [Текст] : учебное пособие для ВУЗов / А. А. Громогласов, А. С. Копылов, А. П. Пильщиков. – Под ред. О. И. Мартыновой. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 272 с.
7. Присяжнюк, В. Л. Жесткость воды: способы умягчения и технологические схемы [Электронный ресурс] / В. Л. Присяжнюк // С.О.К. – 2004. – № 10. – Режим доступа : <https://www.c-o-k.ru/articles/zhestkost-vody-sposoby-umyagcheniya-i-tehnologicheskie-shemy-1>.
8. Присяжнюк, В. Л. Жесткость воды: способы умягчения и технологические схемы [Электронный ресурс] / В. Л. Присяжнюк // С.О.К. – 2004. – № 11. – Режим доступа : <https://www.c-o-k.ru/articles/zhestkost-vody-sposoby-umyagcheniya-i-tehnologicheskie-shemy>.
9. Присяжнюк, В. А. Физико-химические основы предотвращения кристаллизации солей на теплообменных поверхностях [Текст] / В. А. Присяжнюк // Сантехника, отопление, кондиционирование. – 2003. – № 10. – С. 26–30.

10. Присяжнюк, В. А. Водоподготовка и очистка воды: принципы, технологические приемы, опыт эксплуатации [Электронный ресурс] / В. А. Присяжнюк // Сантехника, отопление, кондиционирование. – 2004. – № 4. – Режим доступа : <https://www.c-o-k.ru/articles/vodopodgotovka-i-ochistka-vody-principy-tehnologicheskie-priemy-opyt-ekspluatatsii>.
11. ДНАОП 0.00-1.08-94 Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов [Текст]. – Введ. 1994-05-26 / Госкомитет Украины по надзору за охраной труда. – К. : [б. и.], 1994. – 184 с.
12. СНиП II -Г.10-73* (11-36-73*) Тепловые сети. Нормы проектирования [Текст]. – Госстрой СССР. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 52 с.
13. ГСанПиН 2.2.4-171-10 Гигиенические требования к воде питьевой, предназначенной для потребления человеком [Электронный ресурс]. – [Б. м. : Aquarum]. – [2015]. – Режим доступа : <http://aquareum.com.ua/gigienicheskie-trebovaniya-k-vode-pityevoy/>.
14. МУ 2.1.4.682-97 Методические указания по внедрению и применению Санитарных правил и норм СанПиН 2.1.4.559-96 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества [Текст]. – Введ. 1998-01-01 / [НИИ МТ РАМН, НИИ ЭЧ и ГОС им. А. Н. Сытина РАМН, МосводоканалНИИпроект, МНИИГ им. Ф. Ф. Эрисмана, Департамент госсанэпиднадзора МЗ РФ, РМАПО]. – М. : Информационно-издательский центр Минздрава России, 1998. – 71 с.

Получено 03.09.2018

В. І. ЗЯТИНА, О. С. КОВАЛЬЧИК, А. А. ТУДОР, П. В. РИБАЛКО
ВОДОПІДГОТОВКА ДЛЯ ОПАЛЮВАЛЬНО-ВИРОБНИЧИХ КОТЕЛЕНЬ
ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Розглянуто характеристики води, що використовується як теплоносії в котельних установках, з подальшою хімоводопідготовкою. Виконано аналіз складу та якості води з централізованого водопостачання до та після відповідного оброблення.

Ключові слова: хімоводопідготовка, централізоване водопостачання, котельні установки.

VITALII ZIATINA, OLGA KOVALCHIK, ANNA TYDOR, PETER RIBALCO
WATER TREATMENT FOR HEATING AND INDUSTRIAL BOILER ROOMS
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The characteristics of water, used as a coolant in boiler plants, followed by chemical water treatment have been considered. It has been carried out the analysis of the composition and quality of water from the centralized water supply and after appropriate treatment.

Key words: chemical water treatment, centralized water supply, boiler plants.

Зятин Віталій Ільич – кандидат технічних наук, доцент кафедри водоснабження, водоотведення і охорони водних ресурсів ГОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Научні інтереси: розробка нових і удосконалення технологій оборотного водоснабження автотранспортних підприємств, міських стічних вод та обробки осадків.

Ковальчик Ольга Сергіївна – магістрант кафедри водоснабження, водоотведення і охорони водних ресурсів ГОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Научні інтереси: хімоводопідготовка і водоснабження в опалювально-виробничих котельнях.

Тудор Анна Анатоліївна – магістрант кафедри водоснабження, водоотведення і охорони водних ресурсів ГОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Научні інтереси: удосконалення методів очистки природних вод.

Рыбалов Петр Васильевич – магістрант кафедри водоснабження, водоотведення і охорони водних ресурсів ГОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Научні інтереси: інтенсифікація методів очистки стічних вод.

Зятіна Віталій Ілліч – кандидат технічних наук, доцент кафедри водопостачання, водовідведення та охорони водних ресурсів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розробка нових і вдосконалення технологій оборотного водопостачання автотранспортних підприємств, міських стічних вод та оброблення осадків.

Ковальчик Ольга Сергіївна – магістрант кафедри водопостачання, водовідведення та охорони водних ресурсів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: хімічнопідготовки і водопостачання в опалювально-виробничих котельних.

Тудор Анна Анатоліївна – магістрант кафедри водопостачання, водовідведення та охорони водних ресурсів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: вдосконалення методів очищення природних вод.

Рибалко Петро Васильович – магістрант кафедри водопостачання, водовідведення та охорони водних ресурсів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: інтенсифікація методів очищення стічних вод.

Ziatina Vitalii – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Water Supply, Sanitation and Protection of Water Resources, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the development of new and improvement of technologies for recycling water supply of road transport enterprises, urban wastewater and sludge treatment.

Kovalchik Olga – Master's student, Water Supply, Sanitation and Protection of Water Resources, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: water treatment and water supply in heating and production boiler houses.

Tyodor Anna – Master student, Water Supply, Sanitation and Protection of Water Resources, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: improvement of natural water treatment methods.

Ribalko Peter – Master's student, Water Supply, Sanitation and Protection of Water Resources,, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: intensification of wastewater treatment methods.