

Методы подготовки воды в блочных котельных

Введение

В настоящее время в России децентрализация источников теплоснабжения является основным приоритетным вариантом развития сферы теплоснабжения. Наличие конкурентного рынка с большим ассортиментом предлагаемых товаров и оборудования для подготовки воды, а также высокая стоимость энергоресурсов способствуют рассмотрению различных вариантов обеспечения тепловой энергией потребителей.

С одной стороны, широкое распространение получают инновационные варианты совместного производства теплоты: тепловые насосы, когенерация, тригенерация, с другой — «классическим» и наиболее часто встречающимся вариантом остаётся выработка тепловой энергии посредством сжигания природного трубопроводного газа в котельных разной мощности. Исполнение котельных выбирают исходя из факторов компактности, стоимости земельных участков под их расположение, возможности установки на различных категориях земель и степени удалённости от объектов, имеющих собственные охраняемые зоны.

Застройщики, девелоперы, крупные промышленные предприятия, а также коммунальные предприятия всё чаще выбирают индивидуальные источники теплоснабжения для удовлетворения своих нужд в тепловой энергии на отопление, на горячее водоснабжение (ГВС) и вентиляцию. Следуя пути строительства индивидуальной теплогенерации, потребители рассчитывают на максимальную автоматизацию процессов выработки и отпуску тепла.

Теплогенерация уже не рассматривается как некий обособленный сложный процесс организации производства с большим штатом сотрудников — в первую очередь она нацелена на бесперебойную

Широкое распространение получают инновационные варианты совместного производства теплоты: тепловые насосы, когенерация, тригенерация, но «классическим» вариантом остаётся выработка тепловой энергии посредством сжигания природного трубопроводного газа в котельных разной мощности

круглосуточную подачу тепловой энергии с минимальным участием «человеческого фактора» в этом процессе.

С одной стороны, в соответствии с [СП 89.13330.2016](#) «Котельные установки»: «10.6.10. В блочно-модульных котельных, эксплуатируемых без постоянного присутствия обслуживающего персонала, должно быть предусмотрено устройство дистанционной передачи положения и управления запорной и регулирующей арматуры. Объём подключаемой арматуры определяется техническим заданием...», а с другой — процесс подготовки, оценки и наличия подпиточной воды необходимого качества никак не регламентирован с точки зрения возникновения аварийных сигналов.

Перед тем, как начать промышленную эксплуатацию источника тепла, потребитель проходит путь от сбора исходных данных и проектирования (создания документации) до строительства и ввода объекта в эксплуатацию, а также его дальнейшего обслуживания. Стадия создания документации определяет, как и какими средствами автоматизации будет оснащён индивидуальный источник тепла и насколько он будет отвечать современным требованиям в области автоматизации процесса и исключения участия человека в эксплуатации и обслуживании объекта теплогенерации.

Рецензия эксперта на статью получена 16.01.2023 [The expert review of the article was received on January 16, 2023]

УДК 628.16.081. Научная специальность: 2.1.3 (05.23.03).

Выбор оптимальных методов обработки воды в индивидуальных источниках тепла, блочно-модульных котельных до 100 МВт

А. В. Пономарёв, аспирант, кафедра «Теплогазоснабжение и вентиляция, водоснабжение и водоотведение» (ТВВВ), [Пермский национальный исследовательский политехнический университет \(ПНИПУ\)](#), исполнительный директор ООО «Теплогазстрой»

В статье рассмотрены критерии выбора различных систем подготовки подпиточной воды, в зависимости от схемы подключения котлового оборудования и возможности использования системы подготовки воды со значительным количеством стоков, содержащих примеси, недопустимые для повторного использования в цикле производства тепла без дополнительной очистки. Рассмотрен вопрос отсутствия автоматизации и необходимости участия человека с высокой квалификацией в управлении системами подготовки воды.

Ключевые слова: подготовка воды, выбор схемы теплоснабжения, зависимая схема, независимая схема, карбонатный индекс, механические и химические методы очистки воды.

UDC 628.16.081. Scientific specialty number: 2.1.3 (05.23.03).

Selection of optimal methods of water treatment in individual heat sources, block-modular boiler houses up to 100 MW

A. V. Ponomarev, postgraduate student, the Department of "Heat and Gas Supply and Ventilation, Water Supply and Sanitation", [Perm National Research Polytechnic University \(PNRPU\)](#), Executive Director of "Teplogazstroy", LLC

The article considers the selection criteria for various make-up water treatment systems, depending on the connection scheme of boiler equipment and the possibility of using a water treatment system with a significant amount of wastewater containing impurities that are unacceptable for reuse in the heat production cycle without additional purification. The issue of the lack of automation and the need for the participation of a highly qualified person in the management of water treatment systems is considered.

Key words: water treatment, choice of heat supply scheme, dependent scheme, independent scheme, carbonate index, mechanical and chemical methods of water purification.

Поскольку в подавляющем большинстве котельных мощностью до 100 МВт в качестве теплоносителя используется вода, то её качественный анализ и подготовка для использования в системе теплоснабжения, а также вопросы контроля и оценки (в реальном времени) состояния воды как источника горячего водоснабжения являются наиважнейшими.

В настоящее время, в части применения автоматизированных систем подготовки и очистки воды (для её применения в качестве теплоносителя и тем более источника ГВС) прослеживается подход, который либо не отвечает современному уровню автоматизации котельной, либо является «слепым» повторением приёмов, уже разработанных и внедрённых на действующих котельных.

Рассматривая методы и приёмы подготовки воды [1] для её использования в качестве теплоносителя в системе отопления, выделим следующие:

1. Механические методы, в которых применяются «утилитарные» системы с сетками, отстойниками, осадителями (в том числе циклонными), которые зачастую являются примитивными механическими устройствами. В основном применяются простейшие системы с сетками, выполненными в виде косых фланцевых фильтров, осмотические мембраны. Также чаще всего встречаются установки ионного обмена в качестве химического метода подготовки воды.

2. Для подготовки воды по требованиям нормативных документов (например, [2]) применяемые приёмы и методы подразумевают подготовку подпиточной воды на ионном уровне [3].

Следует отметить, что данные методы являются достаточно эффективными, однако они часто используются с применением ненадлежащей и малоэффективной общей схемы установки, а также без учёта протяжённости трасс, способа подключения потребителей и типов котельного оборудования.

К неоспоримым недостаткам подобных систем подготовки подпиточной воды для нужд теплоснабжения, безусловно, относятся: высокие требования к квалификации сотрудников, осуществляющих эксплуатацию этих систем; большие эксплуатационные расходы; значительные объёмы канализационного сброса воды, непригодной для повторного использования без дополнительной обработки.

При применении модульных или быстровозводимых котельных малой и средней мощности (до 60 МВт) возникает потребность использования воды для подпитки. В соответствии с [СП 124.13330.2012](#)



«Тепловые сети» и [СП 89.13330.2016 «Котельные установки»](#), подпиточная вода должна проходить необходимую механическую очистку и химическую подготовку для соответствия требуемым параметрам, указанным в нормативных документах.

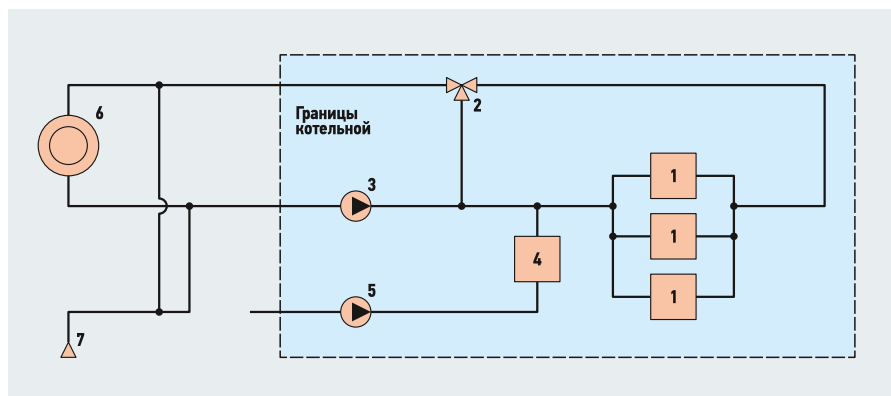
В настоящее время большинство проектируемых и строящихся котельных и энергоцентров используют ограниченное количество методов и систем обработки теплоносителя.

В данной статье рассмотрены критерии выбора различных систем подготовки подпиточной воды в зависимости от

ствии с Федеральным законом от 29 декабря 2004 года №190-ФЗ «Градостроительный кодекс РФ» (ст. 49) и получили фактическую реализацию в виде построенных блочно-модульных котельных.

В ходе проведения экспертных процедур прослеживается предрасположенность экспертных учреждений к определённым видам подготовки подпиточной воды без оценки всей картины теплоснабжения в целом, возможностей эксплуатирующих организаций и степени автоматизации систем.

Для выбора оптимальной системы подготовки воды рассмотрим несколько вариантов подключения систем теплоснабжения внутри блочно-модульной котельной: зависимая с открытым водоразбором, зависимая закрытая, зависимая с отдельным контуром горячего водоснабжения, независимая с открытым водоразбором, независимая закрытая, независимая с отдельным контуром ГВС.



❖ **Рис. 1.** Зависимая схема присоединения с открытым водоразбором (1 — котёл; 2 — регулятор; 3 — циркуляционный насос; 4 — подготовка воды; 5 — подпиточный насос; 6 — потребители отопления; 7 — потребители горячей воды из системы ГВС)

схемы подключения котлового оборудования и наличия возможности использования систем подготовки воды со значительным количеством стоков, содержащих вредные химические примеси.

Выбор метода обработки воды

Выбор метода обработки воды весьма важен как для малых котельных [4], так и для котельных мощностью до 100 МВт. Рассмотрим методы подготовки воды на реальных реализованных объектах в зависимости от схемы подключения теплоэнергетического оборудования внутри индивидуального источника теплоснабжения.

Данные схемы в составе проектов по Постановлению Правительства РФ от 16 февраля 2008 года №87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» прошли оценку государственной экспертизы в соответ-

1. Зависимая схема с открытым водоразбором (рис. 1)

В связи с использованием воды для нужд горячего теплоснабжения непосредственно из теплосети, качество воды в данной схеме подлежит двойной оценке: как воды для нужд центрального водоснабжения по [СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода»](#), так и воды, соответствующей требованиям [СП 124.13330.2012 «Тепловые сети»](#) и [СП 89.13330.2016 «Котельные установки»](#).

В этой схеме подключения потребители предъявляются самые строгие требования к качеству воды в сетях теплоснабжения, вместе с наибольшим расходом воды на подпитку системы для удовлетворения потребностей в ГВС. Системы химической водоочистки (ХВО) должны обеспечивать большие расходы воды на нужды ГВС, а также соответствовать требованиям к питательной воде энергетического оборудования.

Применяемые системы ХВО: дозирование ингибиторов солеотложения (РВТС кислоты [5], ОЭДФК), установки Na-катионирования и обратного осмоса практически не применяются в связи с несопоставимо большими эксплуатационными затратами на их содержание и утилизацию вредных стоков. Именно исходя из этих факторов данная схема была на протяжении десяти лет запрещена к проектированию и реализации.

Возможность применения этой схемы сейчас обусловлена исключительно экономическими факторами и невозможностью повсеместного финансирования строительства новых источников теплоснабжения и модернизации тепловых сетей и тепловых узлов подключения домов и устройств системы ГВС внутри зданий.

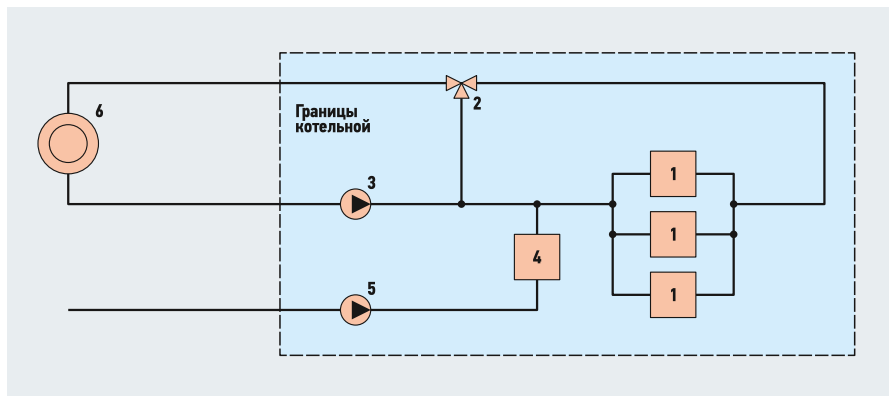


Рис. 2. Закрытая зависимая схема (1 — котёл; 2 — регулятор; 3 — циркуляционный насос; 4 — подготовка воды; 5 — подпиточный насос; 6 — потребители отопления)

2. Зависимая закрытая схема (рис. 2)

Данная схема чаще всего применяется при небольшой протяжённости тепловых сетей (до 1000 м) и в основном в новом строительстве зданий промышленного назначения. Преимуществом схемы для потребителей является отсутствие потерь тепла на теплообменном оборудовании, быстрая реакция на регулирование, объединённая гидравлика всей сети теплоснабжения. Эта схема может применяться с последующим зависимым или независимым подключением потребителей.

Применяемые системы химической водоочистки: наиболее часто используются системы ионного обмена, такие как Na-катионирование постоянного действия с несколькими фильтровальными секциями. Для удаления кислорода и коррекции водородного показателя pH подпиточной воды применяются установки дозирования реагентов.

При строительстве новых объектов в большинстве случаев утечки по тепловым сетям и по потребителям в первые 15 лет эксплуатации удаётся сократить

При строительстве новых объектов в большинстве случаев утечки по тепловым сетям и по потребителям в первые 15 лет эксплуатации удаётся сократить практически до нуля.

практически до нуля. Поэтому в данных схемах допустимо применение установок обратного осмоса с низкой производительностью, но совместно с баками запаса подготовленной воды.

3. Зависимая схема с отдельным контуром ГВС (рис. 3)

Применение данной схемы в Российской Федерации обусловлено быстрыми темпами жилищного строительства в стране.

Девелоперы и застройщики применяют такую схему в пристроенных, встроенных, крышных и отдельно стоящих блочно-модульных котельных. Данная схема присоединения потребителей внутри котельной позволяет не устанавливать индивидуальные тепловые пункты внутри домов, совмещая погодное регулирование

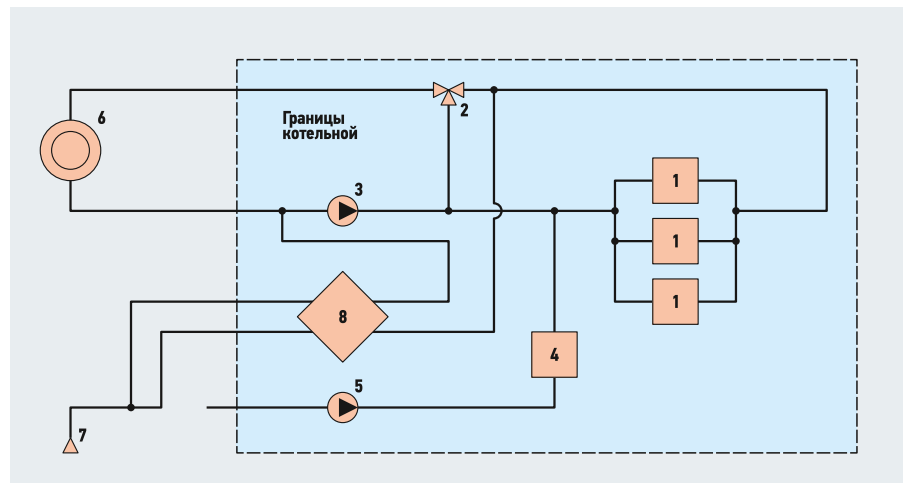


Рис. 3. Зависимая схема присоединения с отдельным контуром (1 — котёл; 2 — регулятор; 3 — циркуляционный насос; 4 — подготовка воды; 5 — подпиточный насос; 6 — потребители отопления; 7 — потребители горячей воды из системы ГВС; 8 — теплообменник системы ГВС)

внутри котельной с подачей, циркуляцией и регулированием температуры воды на горячее водоснабжение.

Применяемые системы ХВО: для подпитки контура отопления применяются установки Na-катионирования постоянного действия с несколькими фильтровальными секциями. В системах ГВС для защиты теплообменного оборудования широко применяют ультразвуковые противонакипные аппараты, а также гидромагнитные аппараты с постоянными магнитами или с электромагнитными системами, создающими магнитное поле.

4. Независимая схема с открытым водоразбором

Это независимая схема подключения котлового оборудования внутри блочно-модульных котельных. К её преимуществам можно отнести гидравлическое разделение контуров, что позволяет иметь различные пьезометрические графики потребителя и источника.

К безусловным недостаткам таких схем относятся дополнительные потери на теплообменном оборудовании (потери при теплопроводности и гидравлические потери, уменьшающие общий КПД котельной), а также необходимость использования нескольких групп насосов внутреннего и внешнего контуров. Помимо этого, различная настройка по давлению требует установки дополнительных управляющих систем подпитки.

Применяемые системы ХВО: применяются как методы с добавлением ингибиторов солеобразования, так и системы с накоплением запаса обработанной воды, подготовленной в системе Na-катионирования. Подготовка воды для внутреннего контура котельной выполнена также по схеме с Na-катионированием, по требованиям экспертного органа.

5. Независимая закрытая схема

Данная схема повторяет все плюсы и минусы независимых систем подключения. К её дополнительным преимуществам можно отнести полноту регулирования температурного графика в связи с отсутствием линии среза графика по температуре нагрева ГВС.

Системы холодного водоснабжения: применяются как методы с добавлением ингибиторов солеобразования, так и системы с накоплением запаса обработанной воды, подготовленной в системе На-катионирования.

6. Независимая схема с отдельным контуром ГВС (рис. 4)

Данная схема полностью гидравлически независима, как по тепловой сети, так и по сети ГВС. Чаще всего такая схема применяется на более мощных котельных, с широким диапазоном мощности, отпускаемой потребителям.

Применяемые системы ХВО: поскольку каждая система обособлена от другой по гидравлике, то могут применяться любые системы подготовки воды, экономически целесообразные и отвечающие техническому заданию.

Заключение

Каждый из проектов был оценён государственной экспертизой и получил положительное решение. После реализации строительства данных котельных, ввода их в эксплуатацию и дальнейшего промышленного использования были выявлены следующие факторы:

1. Нормативный расчётный расход на подпитку систем теплоснабжения, принятый в проектах, более чем в 70 % случаев не соответствует фактическим значениям. Это характерно для существующих возрастных систем теплоснабжения.
2. Расход на заполнение и промывку систем теплоснабжения не учтён расчётным методом и не учитывается в проектах.
3. Автоматизация систем На-катионирования, как безусловного лидера по объёмам применения в системах теплоснабжения, заканчивается на засыпке соли в баки солерастворителя для проведения регенерации фильтров.
4. Уровень эксплуатации котельных до 100 МВт и уровень эксплуатации ТЭЦ несопоставим на порядки. Компетенция сотрудников, осуществляющих эксплуатацию котельных, невысока.
5. Отсутствие в штатах эксплуатирующих компаний подготовленного персонала, способного проводить анализы и выполнять соответствующие корректирующие действия в системах подготовки воды.

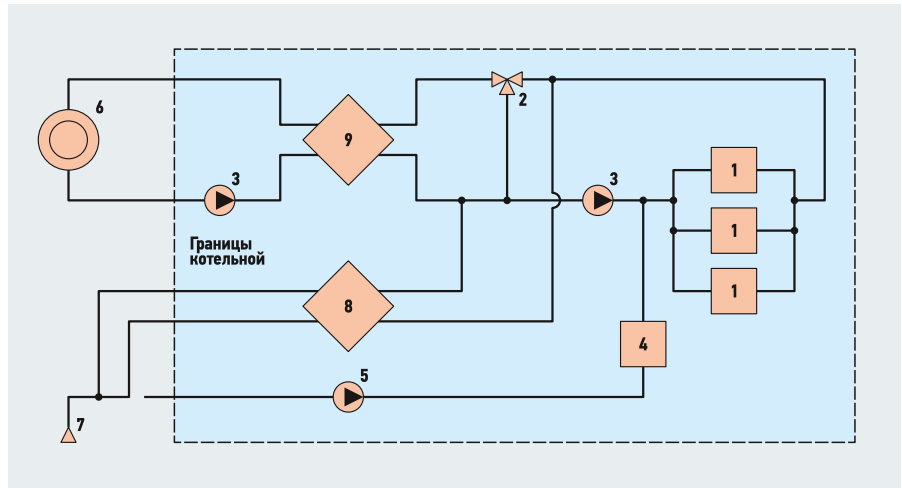


Рис. 4. Независимая схема присоединения с отдельным контуром ГВС (1 — котёл; 2 — регулятор; 3 — циркуляционный насос; 4 — подготовка воды; 5 — подпиточный насос; 6 — потребители отопления; 7 — потребители ГВС; 8 — теплообменник ГВС; 9 — теплообменник отопления)

С 1 января 2022 года в России отменен запрет на использование централизованных открытых систем теплоснабжения (горячего водоснабжения) для нужд ГВС. Соответствующие изменения в законодательство внесены Федеральным законом от 30 декабря 2021 года №438-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О теплоснабжении»». Запрет на открытые системы теплоснабжения ранее был установлен в 2013 году в ч. 9 ст. 29 Федерального закона от 27 июля 2010 года №190-ФЗ «О теплоснабжении».

В современном мире мы привыкли к механизмам и устройствам, облегчающим, а иногда и полностью заменяющим человеческий труд. При выборе системы подготовки воды часто не учитывается проблема техобслуживания, которую можно решить с помощью автоматизации. К сожалению, такие простые вещи, как автоматизация процесса замены осмотической мембраны или пополнения бака солерастворителя для систем На-катионирования, до сих пор не решены, а также по ним отсутствует официальная нормативно-правовая база.

Отсутствие автоматизации и необходимости участия человека с определённой квалификацией в управлении системами подготовки воды ставит под сомнение автономность и безаварийность всего комплекса теплоснабжения.

Применяемые типовые схемы учитывают лишь ограниченное количество вариативности в схемах подключения индивидуальных источников тепла, а не

которых случаях вообще не учитывают реальный опыт эксплуатации.

Для продолжения процесса децентрализации систем теплоснабжения [6] и автоматизации котельных, а также совершенствования технологических процессов необходимо:

1. Дополнить нормативно-правовую базу в части автоматизации систем холодного водоснабжения.
2. Осуществлять подбор типа подготовки подпиточной воды в зависимости от анализа комплекса факторов, не учитываемых ранее (возраст объектов строительства, границы балансовой принадлежности котельных тепловых сетей и тепловых пунктов, количество, вид и схема подключения пластинчатых или кожухотрубных теплообменников, а также их необходимость).
3. Осуществлять подбор котельного оборудования на основании импортозамещения отечественными производителями — с целью оптимизации потерь при использовании теплообменников.
4. Применять оборудование [3], позволяющее, в соответствии с паспортными характеристиками завода-изготовителя, использовать его без водоподготовки.

1. Беликова С.Е., Хохлаева Е.А., Резник Я.Е. Водоподготовка: справ. — М.: Аква-Терм, 2007. 240 с.
2. СП 124.13330.2012. Тепловые сети. Актуализ. ред. СНиП 41-02-2003 / Дата введ.: 01.01.2013.
3. Принципиальные отличия жаротрубных от водотрубных котлов (3 МВт) [Видео]. YouTube-канал «Технологический эксперт» от 03.07.2017. Режим доступа: youtube.com. Дата обрац.: 24.08.2022.
4. Хаванов П.А., Чуленев А.С. Принципиальные тепловые схемы автономных источников теплоснабжения с конденсационными котлами // АВОК, 2018. №1. С. 70–72.
5. Умрихин С.А., Кобылкин М.В., Батухтин А.Г., Стрельников А.С. Обзор существующих технологий водоподготовки в котельных малой мощности / Студенческий научный форум: Мат. VIII Межд. студ. науч. конф. (15.02–31.03.2016, Москва). — М., 2016.
6. Хаванов П.А. Развитие, перспективы и состояние децентрализованных систем теплоснабжения в РФ // Вестник МГСУ, 2012. №11. С. 219–226.

References — see page 78.

Selection of optimal methods of water treatment in individual heat sources, block-modular boiler houses up to 100 MW. Pp. 20–24.

Alexey V. Ponomarev, postgraduate student, the Department of “Heat and Gas Supply and Ventilation, Water Supply and Sanitation”, [Perm National Research Polytechnic University \(PNRPU\)](#), Executive Director of “Teplogazstroy”, LLC

1. S.E. Belikova, E.A. Khokhrjakova, Ja.E. Reznik. *Vodopodgotovka: spravochnik* [Water treatment: A reference book]. Moscow. *Akva-Term* [“Aqua-Therm” Magazine]. 2007. 240 p. [In Russian]
2. *SP 124.13330.2012* [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice of Russia) No. 124.13330.2012]. *Teplovye seti. Aktualiz. red. SNiP 41-02-2003* [Heat-ing network. Updated edition of Building Rules & Regulations (National Codes and Stan-dards of Russia) No. 41-02-2003]. Date of impl.: January 1, 2013. [In Russian]
3. *Printsipial'nye otlichija zharotrubnykh ot vodotrubnykh kotlov (3 MVt)* [Fundamental dif-ferences between fire-tube and water-tube boilers (3 MW)]. YouTube channel “Techno-logical expert” of July 3, 2017. Web-source: youtube.com. Access date: August 24, 2022. [In Russian]
4. P.A. Havanov, A.S. Chuljenov. *Printsipial'nye teplovye skhemy avtonomnykh istochnikov teplosnabzhenija s kondensatsionnymi kotlami* [Schematic diagrams of autonomous heat supply sources with condensing boilers]. *AVOK* [Journal of the Russian Association of Engineers for Heating, Ventilation, Air-Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics (ABOK)]. 2018. No. 1. Pp. 70–72. [In Russian]
5. S.A. Umrikhin, M.V. Kobylkin, A.G. Batukhtin, A.S. Strel'nikov. *Obzor sushhestvujush-hikh tehnologij vodopodgotovki v kotel'nykh maloj moshhnosti* [Review of existing water treatment technologies in low-power boiler houses]. *Studencheskij nauchnyj forum: Mat. VIII Mezhd. stud. nauch. konf.* [Student Scientific Forum: Proc. of the VIII International Student Scientific Conference]. February 15 — Mart 31, 2016. Moscow. [In Russian]
6. P.A. Havanov. *Razvitie, perspektivy i sostojanie detsentralizovannykh sistem teplosnabzheni-ja v RF* [Development, prospects and state of decentralized heat supply systems in the Rus-sian Federation]. *Vestnik MGSU* [Bulletin of the Moscow State University of Civil Engi-neering]. 2012. No. 11. Pp. 219–226. [In Russian]