



**РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ОТОПИТЕЛЬНОЙ КОТЕЛЬНОЙ ЗАО
«НП НЧ КБК ИМ. С.П. ТИТОВА» С РАСШИРЕНИЕМ ЗДАНИЯ**

Низамова А.Ш., Абасев Ю.В.

**Казанский государственный энергетический университет,
г. Казань, Россия**

nizamova_tes@mail.ru

Резюме: *АКТУАЛЬНОСТЬ.* В России действует большое количество крупных и мелких котельных, снабжающих паром и горячей водой промышленные предприятия. Сегодня более 70% котельных требуют серьезной модернизации, варианты которой могут быть различными. Исследование области модернизации и реконструкции котельных в стране имеет важное значение, так как большая часть оборудования исчерпала свой ресурс, а потребность в теплоснабжении увеличивается в связи с увеличением выпуска промышленной продукции. *ЦЕЛЬ.* Рассмотрение одного из вариантов модернизации и реконструкции конкретной котельной. *МЕТОДЫ.* При рассмотрении варианта, за основу принят пароводогрейный котел, разработанный Таганрогским котельным заводом и известные методы расширения энергетических предприятий. *РЕЗУЛЬТАТЫ.* В статье описана актуальность темы, представлен вариант модернизации водогрейного котла, дающего возможность работы котла в комбинированном режиме, что позволяет решить вопросы парового резерва в краткосрочной перспективе, а также представлен вариант расширения котельной. *ВЫВОДЫ.* Вариант реконструкции и модернизации промышленно-отопительной котельной с ее расширением и переводом водогрейных котлов в паровой режим является возможностью решения нарастающей потребности производства в технологическом паре.

Ключевые слова: *технологический пар; теплоснабжение; котельная; промышленное производство; водогрейный котел.*

Благодарности: *Подразделению по проектированию объектов тепло- и электрогенерации и инженерных сетей АО «Центр технического заказчика» в городе Казань.*

Для цитирования: Низамова А.Ш., Абасев Ю.В. Реконструкция производственно-отопительной котельной ЗАО «НП НЧ КБК им. С.П. Титова» с расширением здания // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2024. Т.26. № 1. С. 118-130. doi:10.30724/1998-9903-2024-26-1-118-130.

**RECONSTRUCTION OF PRODUCTION AND HEATING BOILER PLANT JSC "NP NC
KBK IM. S.P. TITOV" WITH BUILDING EXPANSION**

Nizamova ASh., Abasev YuV.

Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russian Federation

Abstract: *RELEVANCE.* In Russia there are a large number of large and small boiler houses that supply steam and hot water to industrial enterprises. Today, more than 70% of boiler houses require serious modernization, the options for which can be different. Research into the area of modernization and reconstruction of boiler houses in the country is important, since most of the equipment has exhausted its service life, and the need for heat supply is increasing due to the increase in industrial output. *TARGET.* Consideration of one of the options for modernization and reconstruction of a specific boiler house. *METHODS.* When considering the option, the steam-water heating boiler developed by the Taganrog Boiler Plant and well-known methods for expanding energy enterprises were taken as the basis. *RESULTS.* The article describes the relevance of the topic, presents an option for modernizing a hot water boiler, which makes it possible to operate the boiler in a combined mode, which allows solving steam reserve issues in the short term, and also

presents an option for expanding the boiler room. **CONCLUSIONS.** The option of reconstructing and modernizing an industrial heating boiler house with its expansion and transfer of hot water boilers to steam mode is an opportunity to solve the growing production need for process steam.

Key words: process steam; heat supply; boiler room; industrial production; hot water boiler.

For citation: Nizamova ASh., AbasevYuV. Reconstruction of production and heating boiler plant JSC "NP NC KBK IM. S.P. Titov" with building expansion. *Power engineering: research, equipment, technology.* 2024; 26 (1): 118-130. doi:10.30724/1998-9903-2024-26-1-118-130.

Введение и литературный обзор (Introduction and Literature review)

В крупных городах России промышленные предприятия, как правило, обеспечиваются паром на технологические нужды и сетевой водой для отопления и горячего водоснабжения от теплоэлектроцентралей (ТЭЦ). В тоже время в этих городах существует множество предприятий, которые имеют свои собственные паровые или пароводогрейные котельные с паровыми котлами, отпускающими потребителю пар разных параметров, и водогрейными котлами, отпускающими горячую воду на отопление производственных зданий, а также для хозяйственных нужд. В стране также много промышленных городов, большинство из которых были основаны на базе одного или нескольких предприятий и развились из рабочих поселков. Эти города специализируются в добывающих и перерабатывающих отраслях промышленности, и их территории включают обширные промышленные зоны. В таких городах может не быть централизованного теплоснабжения и предприятия для переработки своей продукции используют пар своей котельной, или мини ТЭЦ, часто находящейся на территории данного предприятия. Города Альметьевск в Татарстане и Ачинск в Красноярском крае могут служить примерами таких городов.

Серьезной проблемой таких котельных, как и всей нашей теплоэнергетики стало старение оборудования, которое ведет к неполной его загрузке и как следствие к низкой энергоэффективности. Но, кроме того, износ котельного оборудования и исчерпание его ресурса может привести не только к остановке данного оборудования, но и к частичной или полной остановке самого промышленного предприятия, что в лучшем случае повлечет за собой потерю прибыли, а в худшем – серьезную аварию.

Целью исследования является определение возможности и способа модернизации службы Теплогазоводоснабжения Набережночелнинского картонно-бумажного комбината. Практическая важность данного исследования заключается в содействии стабильной и непрерывной работе комбината.

Анализ публикаций по данной тематике показал, что исследования проводятся, в основном в области повышения энергоэффективности самого котла путем изменения конструкции горелок или поверхностей нагрева. Также рассматривается применение промышленных котлов для получения электрической энергии.

В работе [1] авторы рассмотрели возможность получения электрической энергии на промышленно-отопительной котельной, используя винтовую расширительную машину.

В работе [2] исследованы методы интенсификации теплообмена в форме дискретной шероховатости. Авторами отмечено, что использование разнообразных турбулизаторов в виде дискретной шероховатости позволяет осуществить экономию электроэнергии на прокачку теплоносителя и снизить металлоемкость при создании теплотехнического и теплоэнергетического оборудования.

В работе [3] описывается проект модернизации котла ПТВМ-30, внедренный в крупной котельной города Винница (Украина). Проект предполагал внедрение нескольких технических решений. При реализации этих решений снизился уровень эмиссии оксидов азота и образование оксида углерода.

В статье [4] Петриков С. А. и его коллеги, наряду с авторами работы [2] исследовали интенсификацию теплообмена в отопительных котлах с применением искусственной шероховатости.

Овчинников В.А. и др. в работе [5] изложили сведения о становлении и развитии водогрейного котлостроения на Дорогобужском котельном заводе (далее ДКЗ) за период

1962– 2010 гг. Назвали основные направления совершенствования и модернизации конструкции выпускаемых заводом котлов.

Анализируется возможность оптимального распределения нагрузки между котельными агрегатами, работающими на газе и мазуте, основываясь на критерии максимального КПД в статье Пуринга С.М. и др. [6].

В публикации [7] авторами рассматривается проблема отопления промышленных помещений и цехов различных предприятий.

Статьи Дубровина [8] и Низамутдинова М.И. [9] перекликаются по своей тематике. В работе [8] рассмотрены современные котельные установки, выпускаемые зарубежными производителями и промышленностью РФ. В работе [9] также анализируются современные водогрейные котлы российских и зарубежных производителей.

В работе [10] авторы рассматривают меры, способствующие более эффективному использованию первичных энергетических ресурсов, а также вовлечению в экономику нетрадиционных и восстанавливаемых источников энергии.

В статье [11] авторы Барабаш В.В. и Овчинников В.А., представляющие компанию ОАО «ДКМ», акцентируют внимание на ключевых аспектах модернизации котлов КВ-ГМ и ПТВМ. Среди них: увеличение тепловой мощности при сохранении размера камеры сгорания, улучшение технико-экономических характеристик и экологической безопасности до уровня европейских требований, установка новых горелок, применение автоматизированных систем, сохранение стандартного ассортимента труб и увеличение расхода воды в котле.

В статье [12] рассматриваются возможности повышения КПД котлов малой мощности путем утилизации теплоты отходящих газов для подогрева дутьевого воздуха.

В монографии Прохорова С.Г. [13] приведены примеры модернизации паровых котлов в водогрейный режим.

В зарубежных публикациях достаточно много работ на тему модернизации котлов с целью повышения их энергоэффективности, то есть повышения КПД котлов путем интенсификации теплообмена, снижения температуры уходящих газов при различных способах утилизации тепла отходящих газов и т.д. Но, к сожалению, не так много работ касающихся непосредственно тематики нашей статьи, но приближенные к ней работы есть. Рассмотрим несколько зарубежных публикаций.

В статье Kumar K. и коллег [14] «Роль методов модификации поверхности для предотвращения выхода из строя компонентов, подвергающихся воздействию огня в котле» рассматриваются причины отказов промышленных котлов и предлагаются материалы или комбинации материалов покрытий жаротрубных поверхностей нагрева, что позволит защитить эти трубы от разрушения.

Авторы публикации [15] «Инновационное преобразование водотрубного котла централизованного теплоснабжения для когенерации электрической и тепловой энергии» Свѣнтковски Т. и др. рассматривают метод получения условий когенерации, то есть одновременного производства тепловой и электрической энергии в цикле, где источником тепла является водогрейный котел. Рассмотрим эту работу подробнее в связи с тем, что она близка тематике нашей статьи. На рисунке 1. Представлена модель когенерационной установки на базе водогрейного котла с дросселирующими 2, сепарационными 3 и перегревательными устройствами 4.

Вода нагревается в водогрейном котле до температуры 150 °С и имеет давление выше давления насыщения для этой температуры (4,761 бар). Предполагается, что поток воды изоэнтальпийно дросселируется до давления 3,5 бар, т.е. ниже давления насыщения, что приведет к частичному, незначительному испарению воды примерно 2% от расхода. Далее сепаратор разделяет полученный поток смеси воды и пара на два отдельных потока. Водная фаза используется в первичном цикле нагрева. Поскольку ее массовый поток уменьшается на 2%, то количество тепла, поступающего в теплосеть, уменьшается пропорционально. Насыщенный пар направляется в пароперегреватель 4. Пароперегреватель расположен в байпасе экономайзера водогрейного котла и в него подаются дымовые газы с температурой, позволяющей перегреть пар до 400 °С. Далее, перегретый пар с давлением в 3,5 бара, температурой 400 °С и энтальпией 3275 кДж/кг, используется для приведения в действие

паровой турбины. В турбине, пар расширяется до давления немного выше атмосферного, в результате чего вырабатывается около 0,5 МВт электроэнергии.

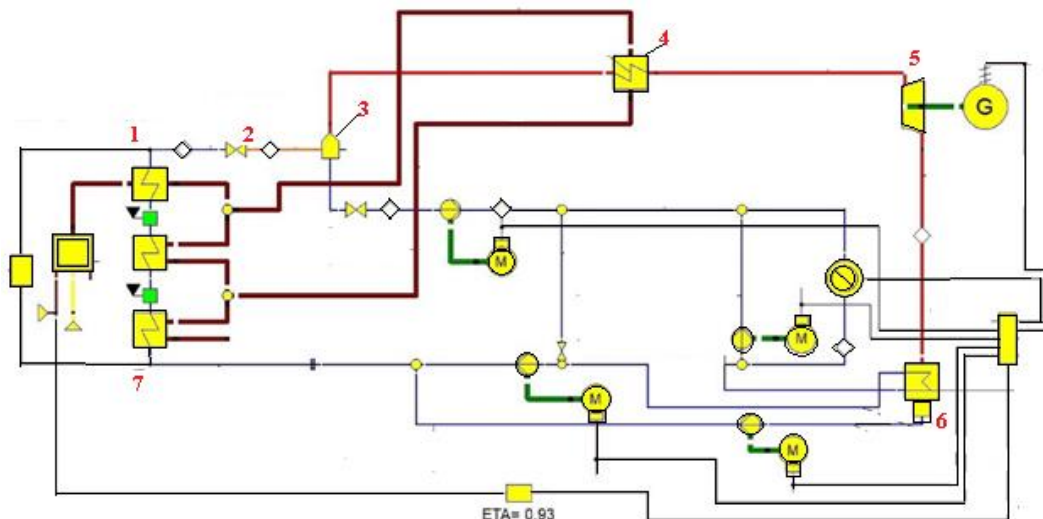


Рис. 1. Модель когенерационной установки на базе водогрейного котла с дросселирующими, сепарационными и перегревательными устройствами

Fig. 1. Model of a cogeneration plant based on a hot water boiler with throttling, separation and superheating devices

* Источник: составлено авторами (Source: compiled by the author).

Выходящий из турбины пар направляется в конденсатор, охлаждаемый возвращающейся из города сетевой водой, и рециркулирует обратно в первичный контур. Температура воды, поступающей из города, оказывает существенное влияние на электрическую мощность турбины. В летнее время, когда эта температура может опускаться до 40 °С, она может поглощать больше скрытой теплоты конденсации, чем в зимний период, когда температура возвращаемой воды поднимается примерно до 70 °С. Это позволяет полностью использовать теплоту конденсации пара в системе централизованного теплоснабжения.

В некоторых случаях рекуперированная теплота конденсации приводит также к нагреву питательной воды в котле до 70 °С или даже выше, без необходимости смешивания с горячей водой на выходе из котла. Выработанная электроэнергия сначала используется для собственных нужд, а в случае избыточного производства продается в энергосистему.

В работе [16] исследуется техническая возможность перевода водогрейного котла мощностью 400 кВт в парогенераторный режим. Выработанный пар может использоваться для питания конденсационной или когенерационной паровой турбины, чтобы удовлетворить потребности фермеров в электричестве и тепле. Авторы отмечают, что эти парогенераторы могут быть соединены в параллельную конфигурацию, чтобы удовлетворить потребности в энергии большинства агропромышленных предприятий. Но авторы ошибаются утверждая, что это первая попытка превратить водогрейный котел в парогенератор.

Авторы [16] в дальнейшем продолжили свои исследования в этом направлении, результаты которых представлены в работе [17]. Рассмотрены котлы мощностью 450 – 700 кВт с водогрейными жаровыми трубами, работающие на отходах сельскохозяйственного производства, разработанные компанией EnacheMorărit. Авторы доказали целесообразность преобразования этих котлов в котлы насыщенного пара. Габаритные размеры были обусловлены технологическими возможностями цеха компании. В работе был проведен анализ металлоемкости по категориям технологических компонентов котла с оценкой транспортных проблем и затрат.

Ж. Буюк автор работы «Энергосбережение и тепловая эффективность в бумажной промышленности: пример машины для производства гофрокартона» [18] представил материал по модернизации системы, которая состоит из парового котла (работающего на природном газе), трубопроводов пара и конденсата и установки для производства гофрокартона (потребителя пара). Им предложен закрытый бак для конденсата вместо открытого, чтобы исключить вторичное пропаривание. В станке для изготовления картона изменена система температурного контроля. Таким образом, была устранена причина

вторичного пропаривания и сохранен поток пара через картоноделательную машину, что исключило потери энергии и тепла.

Проанализировав достаточно большое количество научных работ, была найдена одна статья российских авторов, рассматривающая вопрос перевода промышленного котла из одного режима в другой, а точнее из парового – в водогрейный [13]. Среди зарубежных работ таких публикаций оказалось немного больше [15, 16, 17]. Но, что важно, ими рассмотрены различные возможности перевода именно водогрейных котлов в паровой режим.

Материалы и методы (materials and methods)

Реконструкция и модернизация котельной проводятся в соответствии с Программой развития, реконструкции и модернизации основных производственных фондов ЗАОР «Народное предприятие Набережночелнинский картонно-бумажный комбинат им. С.П. Титова» до 2025 г.

Цель этого процесса – повышение технико-экономических показателей, для обеспечения экономической обоснованности и максимальной энергетической эффективности всей котельной.

Как правило производственному потребителю требуется пар различных параметров от 8 кгс/см² до 24 кгс/см² иногда 40 кгс/см². Горячая вода может использоваться для бытовых и производственных целей, а также для отопления.

На рисунке 2 можно увидеть принципиальную схему пароводогрейной котельной.

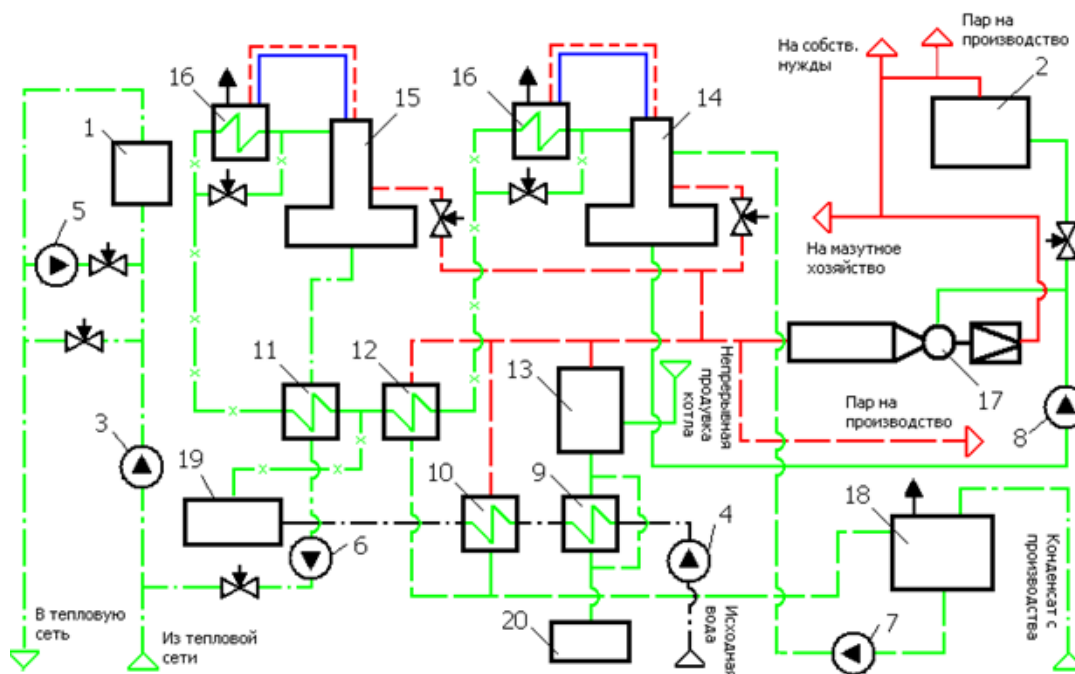


Рис.2. Принципиальная тепловая схема котельной с паровыми и водогрейными котлами: 1 – водогрейный котел, 2 – паровой котел, 3 – сетевой насос (СН), 4 – насос исходной воды, 5 – насос рециркуляции, 6 – подпиточный насос, 7 – конденсатный насос (КН), 8 – питательный насос, 9 – охладитель продувочной воды, 10 – подогреватель исходной воды, 11 – охладитель подпиточной воды, 12 – подогреватель хим. очищенной воды (ПХОВ), 13 – сепаратор непрерывной продувки, 14 – деаэрактор питательной воды, 15 – деаэрактор подпиточной воды, 16 – охладитель выпара, 17 – редукционно-охладительное устройство, 18 – бак конденсатный, 19 – установка для подготовки воды, 20 – продувочный колодец

Fig.2. Schematic thermal diagram of a boiler room with steam and hot water boilers:

1 – hot water boiler, 2 – steam boiler, 3 – network pump (SN), 4 – source water pump, 5 – recirculation pump, 6 – makeup pump, 7 – condensate pump (CN), 8 – feed pump, 9 – purge cooler water, 10 – source water heater, 11 – make-up water cooler, 12 – chemical heater, purified water (PHOV), 13 – separator continuous blowing separator, 14 – feed water deaerator, 15 – make-up water deaerator, 16 – vapor cooler, 17 – reduction-cooling device, 18 – condensate tank, 19 – water treatment unit, 20 – blow-off well

* Источник: составлено авторами (Source: compiled by the author).

Сегодня промышленные предприятия ставят перед собой задачу увеличить количественно выпуск своей профильной продукции со снижением ее себестоимости. С этой

целью они модернизируют свое производство с внедрением современных технологий. Но выпуск какой-либо продукции невозможен без использования пара и горячей воды в технологическом процессе. Следовательно, увеличение выпуска промышленной продукции ведет к увеличению прежде всего производства пара на промышленных котельных и горячей воды в том числе. Для промышленных предприятий приоритетом является надежность паро- и теплоснабжения. Аварии в котельных приведут в лучшем случае к останову производства предприятий, в худшем – к аварии на предприятии.

Одной из насущных проблем сегодня остается высокий уровень изношенности оборудования в котельных. Большая часть оборудования была установлена в восьмидесятих годах прошлого века, а его расчетный срок службы, как правило, составляет 30 лет, хотя в некоторых случаях он может быть и большим. В настоящее время большой парк котлов малой и средней мощности физически и морально изношен. Количество и объем ремонтов для этих котлов увеличиваются. Кроме того, котлы не соответствуют современным экологическим нормам по уходящим газам, превышение окислов азота (NOx) составляет не менее 125 мг/м³ при работе на газе и 250 мг/м³ при работе на мазуте.

Паровые котлы на многих котельных работают без резерва. Котлам приходится работать с периодическим превышением номинальной производительности. Очевидно, что для обеспечения надежного теплоснабжения предприятий, при работе на максимальных нагрузках котельным требуется наличие резерва котельного оборудования. Это можно осуществить, расширив котельное предприятие новыми современными паровыми котлами с высоким уровнем автоматизации и водоподготовки. Расширение, то есть строительство по новому проекту следующей очереди котельной приведет к увеличению его производственной мощности в более короткие сроки и при меньших затратах по сравнению с созданием аналогичных мощностей вследствие нового строительства. Но это все равно очень дорого для промышленного предприятия, которое обновляет свое производство. Поэтому на каком-то этапе можно обойтись незначительной модернизацией действующего оборудования, но с последующим расширением производственной котельной.

Примером такой производственной котельной может являться котельная ЗАОр «НП НЧ КБК им. С.П. Титова», так называемая служба Теплогазоводоснабжения.

Пароводогрейная котельная картонно-бумажного комбината была введена в эксплуатацию в 1987 году вместе с запуском парового котла Е-160-2,4-250 ГМ марки ТГМЕ-187 под номером 1. В котельной комбината установлены и эксплуатируются два котла типа Е-160-2,4-250 ГМ марки ТГМЕ-187 Таганрогского котельного завода «Красный котельщик» и два котла марки ПТВМ-30 Дорогобужского котельного завода.

На рисунке 3 представлена технологическая схема котельной с двумя паровыми котлами типа Е-160-2,4-250 ГМ и двумя водогрейными котлами типов ПТВМ-30М (КВ-ГМ-35-150М).

Котлы Е-160-2,4-250 ГМ производят пар под давлением 24 кгс/см², который затем редуцируется до различных уровней давления для разных нужд картонной и бумажной фабрик.

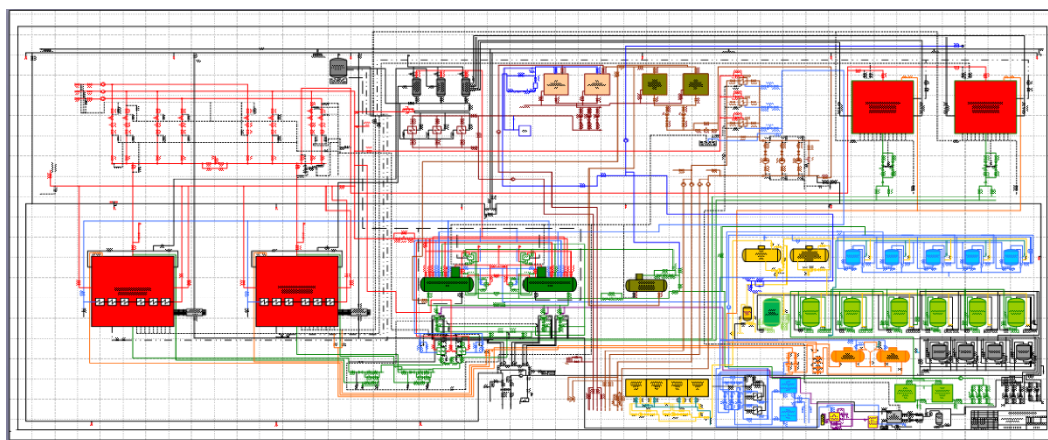


Рис. 3. Технологическая схема промышленной котельной закрытого акционерного общества «Народное предприятие Набережночелнинский КБК им.С.П.Титова»

Fig. 3. Technological diagram of an industrial boiler house JSC "NP NC KBK im. S.P. Titov"

* Источник: составлено авторами (Source: compiled by the author).

В котельной комбината также осуществляется подготовка воды для системы отопления комбината.

В настоящее время котлы Е-160-2,4-250 ГМ физически изношены и часто выводятся в аварийный ремонт. На сегодняшний день требуется капитальный ремонт котлов с заменой всей конвективной части котла.

Паровая нагрузка котельной при работе на мазуте в самое холодное время года составляет 234 т/ч:

- пар 8 кгс/см² на КДМ – 70 т/ч (картонная фабрика);
- пар 16 кгс/см² на нагрев sprысковой воды – 15 т/ч;
- пар 16 кгс/см² на ФГТ (фабрика гофротары) – 8 т/ч;
- пар 14 кгс/см² на БДМ (бумажная фабрика) – 6 т/ч;
- пар 14 кгс/см² на РПО ВК КФ – 15 т/ч;
- пар 8 кгс/см² на теплосеть – 60 т/ч;
- пар 8 кгс/см² на нагрев мазута – 10 т/ч;
- пар 8 кгс/см² на распыл мазута – 10 т/ч;
- пар 8 кгс/см² на нагрев дутьевого воздуха в калориферах – 10 т/ч;
- пар 8 кгс/см² на подогрев питательной воды – 15 т/ч;
- пар 8 кгс/см² на деаэрацию воды – 15 т/ч.

Для покрытия нагрузок до 240 т/ч необходимо включить в работу оба паровых котла и надежно отработать весь период установившейся нагрузки. При таком режиме работы надежность теплоснабжения комбината минимальна так как отсутствует резерв. При аварийном отказе одного из котлов, необходимо ограничить нагрузку до 160 т/ч, которую максимально может дать один паровой котел. Это не покрывает технологические нужды комбината. В таком случае необходимо будет ввести ограничения либо на отопление и вентиляцию, либо ограничить работу картонно-бумажной машины (КДМ).

Очевидно, что для обеспечения надежного теплоснабжения комбината, при работе на максимальных нагрузках, требуется наличие резервного основного оборудования.

Поэтому было предложено чисто водогрейные котлы ПТВМ-30 реконструировать и модернизировать с переводом в паровой режим работы типа Е-40-2,4-250 ГМ марки ПТВМ-30М(р) с номинальной производительностью 40 т/ч пара.

Подготовку горячей воды можно осуществлять в сетевых подогревателях вертикального типа (ПСВ), подогревая паром паровых котлов.

Технология реконструкции базируется на конструкции уже известных комбинированных котлов, выпускаемых Дорогобужским котельным заводом (ДКЗ). Такие котлы устанавливались в котельных с основной нагрузкой на отопление и вентиляцию и городское водоснабжение. Паровая нагрузка в них, в основном на собственные нужды котельной, не превышает 10 – 15 % общей производительности котельной. Потребление пара иногда резко меняется в течение суток. Первые такие котлы построены ДКЗ на базе водогрейных котлов ПТВМ-30М еще в 1965 году. В этих котлах испарительные поверхности представлены в виде боковых топочных экранов, входящие без барабанные контуры с естественным циклическим движением. Сепарация пара осуществляется в двух выносных циклонах Ø 426х13 мм.

На рисунке 4 представлена конструкция газомазутного котла типа ПТВМ-30М (КВ-ГМ-35-150М). Водогрейные котлы ПТВМ-30М (КВ-ГМ-35-150М) используются в отопительных котельных для обеспечения основного теплоснабжения и нагрева воды от 70 °С до 150 °С. Их топка полностью окружена трубами диаметром 60 мм и толщиной стенки 3 мм, которые расположены на расстоянии 64 мм друг от друга, и оснащена шестью горелками для работы на газе или мазуте, установленными в противоположных сторонах боковых стенок. Диапазон регулировки мощности котлов от 30 до 100% их номинальной теплопроизводительности. Для поддержания стабильного расхода воды через котел требуется сохранять постоянную разницу температур на входе и на выходе из котла. Конвективные теплообменники располагаются в газоходе с конвектором, боковые стенки которого экранированы с помощью труб диаметром 28 мм и стенкой 3 мм с шагом между ними 128 мм. Такие трубы служат в качестве коллекторов для ширм U-образной формы, выполненных из тех же труб. Эти ширмы устанавливаются таким образом, чтобы трубы формировали конвективный шахматный пучок, с расстоянием между ними в 64 и 40 мм соответственно.

На рисунке 5 показана схема работы модернизированного водогрейного котла ПТВМ-30М в режимах выработки пара и горячей воды.

Для обеспечения работы котла ПТВМ-30М в исключительно паровом режиме необходимо оборудовать его паровым контуром. Этот контур включает в себя два внешних циклона и две выравнивающие емкости, изготовленные из труб диаметром 636 мм и толщиной 14 мм.

Внешний циклон №5 и выравнивающая емкость №7 включены в контур естественной циркуляции топочных экранов №1, №2 и №3. Поверхности нагрева конвективной камеры 4 функционируют в качестве парового контура с многократной принудительной циркуляцией и подключаются к внешнему циклону 6 и отдельно взятой уравнивающей ёмкости 7. Многократную принудительную циркуляцию обеспечивает насос рециркуляции 8.

При работе на мазуте рассматриваемый котёл может вырабатывать примерно 60 тонн пара в час. При работе на природном газе это число увеличивается до 70 тонн в час. Рабочее давление пара варьируется от 14 до 24 кгс/см² в зависимости от нужд потребителя.

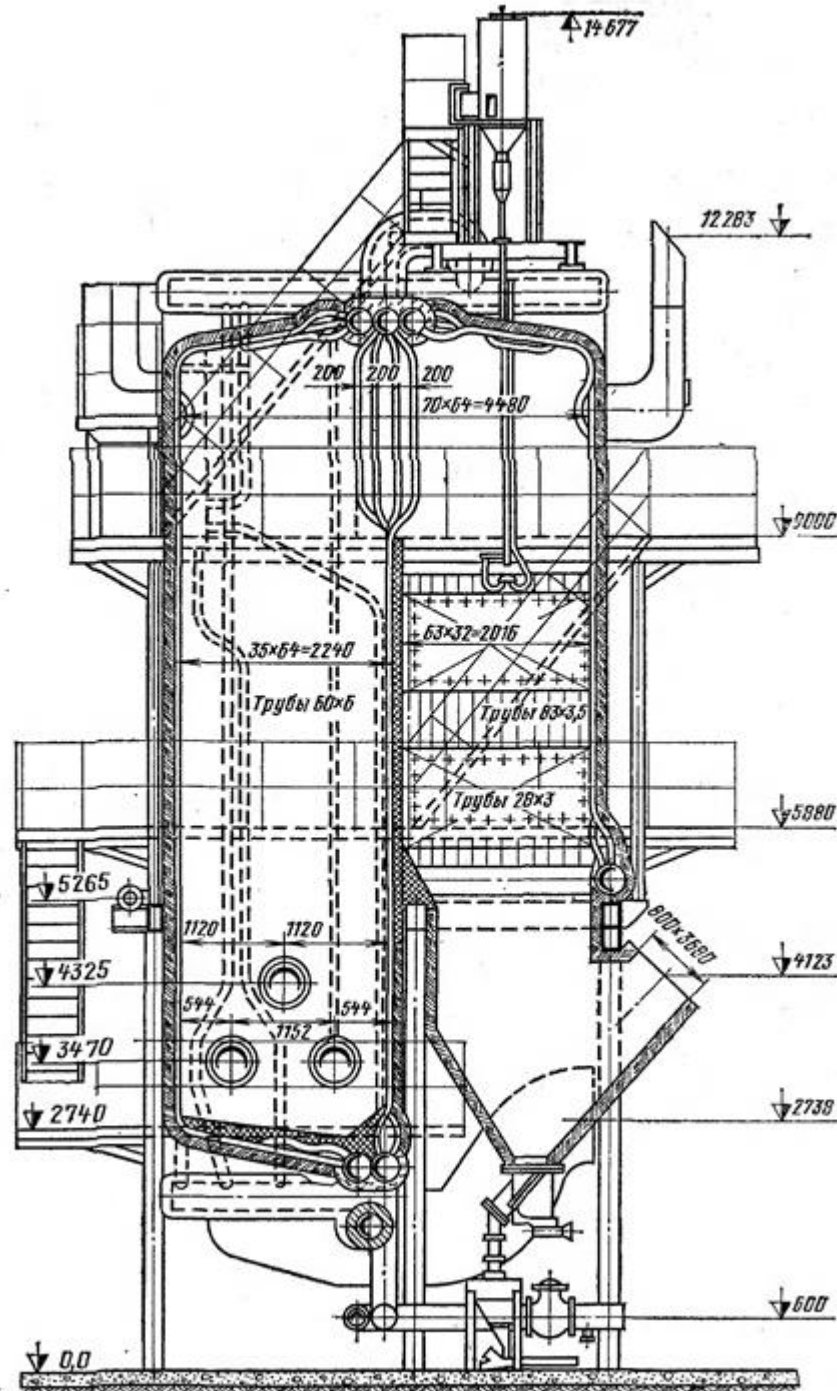


Рис. 4. Конструкция газомазутного котла типа PTVM-30M (KV-GM-35-150M)

Fig. 4. Design of gas-oil boiler type PTVM-30M (KV-GM-35-150M)

* Источник: составлено авторами (Source: compiled by the author).

Работа котла в водогрейном режиме сохраняется полностью по схеме серийного котла ПТВМ-30М. Следует отметить, что для работы котла в обоих режимах без каких-либо

переделок используются все унифицированные элементы и трубы серийного котла ПТВМ-30М.

Кроме того, для создания парового контура, состоящего из указанных выше циклонов, уравнильных емкостей требуется установка в пределах котла дополнительных наружных соединительных трубопроводов.

Насосы рециркуляции НКУ-250 можно использовать в качестве циркуляционных насосов для обеспечения множественной принудительной циркуляции и подключения к тепловой сети при работе котла в режиме нагрева воды.

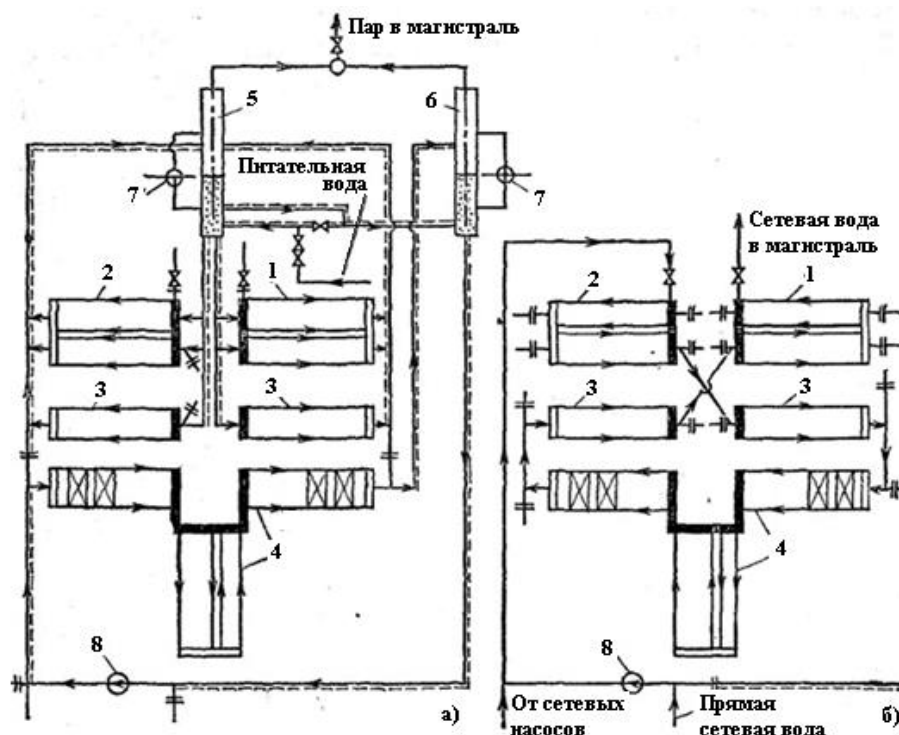


Рис. 5. Принципиальная схема работы котла ПТВМ-30-М: а – в паровом режиме, б – в водогрейном режиме. 1 – фронтальный топочный экран, 2 – задний топочный экран, 3 – боковые топочные экраны, 4 – нагревательные поверхности в конвективном канале, 5 – удаленный циклон топочного канала, 6 – удаленный конвективный циклон, 7 – компенсационные резервуары, 8 – насос для рециркуляции теплоносителя

Fig. 5. Schematic diagram of the operation of the PTVM-30-M boiler in steam and hot water modes: a – steam mode, b – water heating mode. 1 – front combustion screen, 2 – rear combustion screen, 3 – side combustion screens, 4 – heating surfaces in the convection channel, 5 – remote cyclone of the combustion channel, 6 – remote convective cyclone, 7 – compensation tanks, 8 – recycling pump

* Источник: составлено авторами (Source: compiled by the author).

Для перехода с парового режима на водогрейный и наоборот необходим кратковременный останов котла, спуск воды и смена заглушек на наружных соединительных трубопроводах.

Работа модернизированных котлов на отпуск пара может покрыть потребность предприятия в летний период. Но суммарная производительность этих котлов 80 т/ч. В предыдущие годы эти котлы работали с периодическим превышением номинальной производительности.

Если в дальнейшем суммарные технологические нужды комбината в летний период не превысят 70 – 72 т/ч, а собственные нужды котельной составят до 8 – 10 т/ч., то возможна работа котлов ПТВМ-30М(р) в пределах номинальной производительности. Но если потребности будут выше, необходимо вводить в работу котел Е-160-2,4-250 ГМ. В связи с этим предлагается вариант реконструкции котельной, предусматривающий расширение здания котельной и установку нового котла Е-160-2,4-250 ГМ. После этого предлагается произвести замену действующих паровых котлов на новые. На рисунке 6 представлена схема котельной с указанным дополнительным паровым котлом Е-160-2,4-250 ГМ, а на рисунке 7 показан процесс монтажа третьего парового котла.

Назовем преимущества такой реконструкции котельной:

- строительство на новой площадке имеет более высокий уровень безопасности, чем работы в действующем цехе Теплогазоводоснабжения;
- ввод резерва на весь период реконструкции;
- снижение эксплуатационных потерь пара;
- наличие дополнительных площадей для оптимизации работы котельной;
- равномерность распределения потоков дымовых газов по дымовой трубе;
- сохранение схемы управления котлов Е-160-2,4-250 ГМ;
- любой ремонт в течение года без потери резерва.

К недостаткам расширения котельной стоит отнести:

- строительство вблизи действующего надземного газопровода потребует дополнительных мер безопасности;
- потребуются изменение трассы наружных газопроводов в районе строительства для прокладки газоходов к дымовой трубе;
- дополнительные экономические затраты по строительству.

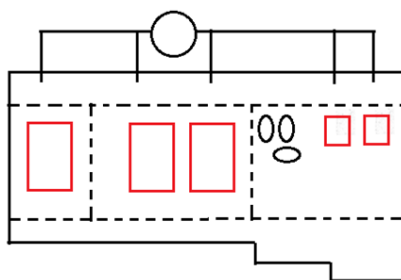


Рис. 6 Схема котельной с третьим котлом

Fig. 6 Diagram of a boiler room with a third boiler

* Источник: составлено авторами (Source: compiled by the author).

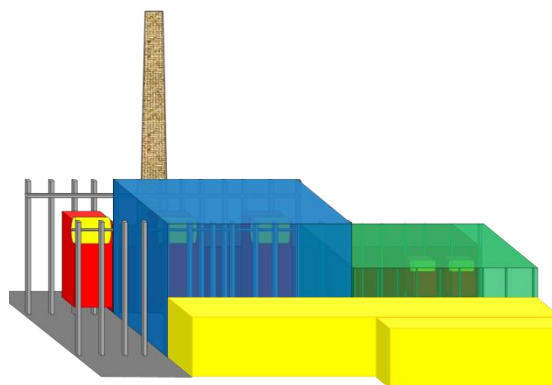


Рис. 7. Монтаж котла Е-160-24-250 ГМ № 3

Fig. 7. Installation of boiler E-160-24-250 GM No.3

* Источник: составлено авторами (Source: compiled by the author).

Результаты (Results)

Выполненные инженерно-технические мероприятия по реконструкции и модернизации котельной в соответствии с принятыми технологическими решениями позволят обеспечить бесперебойную работу картонно-бумажного комбината, не нарушая технологического цикла производства, что будет способствовать высоким экономическим результатам предприятия и получению прибыли.

Заключение (conclusion)

Для надежной и бесперебойной работы промышленных предприятий, снабжаемых технологическим паром от собственной котельной, необходимо модернизировать и реконструировать котельные. Модернизация имеющегося оборудования дает временный резерв по тепловой нагрузке. При этом происходит замена морально и физически устаревшей схемы управления на современную автоматизированную систему управления технологическими процессами. Но в дальнейшем требуется реконструкция этих предприятий путем расширения с установкой современного более технологичного оборудования. В этом случае, имеющееся оборудование может оставаться в котельной в качестве резервного.

Литература

1. Ротач Р.Р., Ваньков Ю.В., Валиев Р.Н. Методика расчета энергетических показателей энергокомплекса, включающего промышленно-отопительную котельную и винтовую расширительную машину // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2023. Т. 15. № 2(58). С 3–15.
2. Олимпиев В.В., Мирзоев Б. Г., Попов И.А. и др. Повышение эффективности теплообменных труб энергетических установок // Инженерно-физический журнал. – 2019. – Т. 92, № 3. – С. 608-618.
3. Гламаздин П.М., Гламаздин Д.П., Ярмольчик Ю.П. Экологические аспекты модернизации водогрейных котлов большой мощности // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2016. – Т. 59, № 3. – С. 249-259.
4. Волков А.В., Петриков С.А., Попов В.С. и др. Разработка методов интенсификации теплопередачи в трубных пучках водогрейных котлов и теплообменных аппаратах // Тяжелое машиностроение. – 2008. – № 10. – С. 12-15.
5. Овчинников В.А., Петриков С.А., Крылов А.К. Обобщение опыта эксплуатации водогрейных котлов ОАО "Дорогобужкотломаш" // Теплоэнергетика. – 2011. – № 12. – С. 42.
6. Пуринг С.М., Черепанова Е.Д. Оптимизация работы котельной при сжигании жидкого и газообразного топлива // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительные технологии: сборник статей, электронный ресурс / под редакцией М.В. Шувалова, А.А. Пишулева, А. К. Стрелкова. – Самара : Самарский государственный технический университет, 2018. – С. 383-387.
7. Трифонов А.П., Тарасова Е.В., Савенков Ф.И. Отопление промышленных помещений. Котельное оборудование и его экологичность // Молодежь и системная модернизация страны: сборник научных статей 5-й Международной научной конференции студентов и молодых ученых: в 6 томах, Курск, 19–20 мая 2020 года. Том 4. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2020. – С. 379-382.
8. Дубровин И., Дубровин Е. Котельные установки XXI века: перспективы развития// ГАЗЕТА: Тепловая энергетика и ЖКХ. 2019. № 01(40) <https://www.eprussia.ru/teploenergetika/40/>
9. Низамутдинов М.И., Низамова А.Ш. Современные водогрейные котлы российских и зарубежных производителей // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности : сборник научных статей по итогам второй международной научной конференции, Казань, 28–29 февраля 2020 года. Ч. 1. – Казань: ООО "Конверт", 2020. – С. 135-136.
10. Гумерова Р.Х., Черняховский В.А. Энергетическая эффективность модернизации котельной промышленного предприятия // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2016. – Т. 72, № 2. – С. 25-31.
11. Барабаш В.В., Овчинников В.А. Модернизация водогрейных котлов КВ-ГМ и ПТВМ: о внедренных технических решениях и новых разработках // Новости теплоснабжения. 2013. № 4(152). С. 25-28.
12. Прохоров С.Г., Назаров И.С. Повышение энергоэффективности котлов малой мощности // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2018. – № 5. – С. 175-183. – DOI 10.17122/ogbus-2018-5-175-183.
13. Прохоров С.Г. Модернизация водогрейных и паровых котлов малой мощности. Пенза : Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2015. – 120 с. – ISBN 978-5-9282-1343-5.
14. Kumar K., Kumar S., Gill HS. Role of Surface Modification Techniques to Prevent Failure of Components Subjected to the Fireside of Boilers. J Fail. Anal. and Preven. 23, 1–15 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11668-022-01556-w>
15. Świątkowski T., Kalisz S., Wnorowska J. An innovative conversion of a district heating water-tube boiler for cogeneration of electricity and heat // Results in Engineering. – 2022. – Vol. 13. – P. 100350. – DOI 10.1016/j.rineng.2022.100350.
16. Mihăescu L., Negreanu G., Pișă I., Berbec V., Lăzăroiu G. and Enache E. "New design of a flame-tube steam generator based on a hot water boiler burning agricultural waste," 2020 7th International Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering (EE&AE), Ruse, Bulgaria, 2020, pp. 1-4, doi: 10.1109/EEAE49144.2020.9279081.
17. Pișă I., Negreanu G. P., Mihăescu L., Berbec V. and Lăzăroiu G., "New design developments of a steam generator with flame tubes derived from a hot water boiler burning agricultural biomass," 2022 8th International Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering (EE&AE), Ruse, Bulgaria, 2022, pp. 1-4, doi: 10.1109/EEAE53789.2022.9831268.
18. Bujak J. Energy savings and heat efficiency in the paper industry: A case study of a corrugated board machine, Energy, Vol. 33, Issue 11, 2008, Pages 1597-1608, ISSN 0360-5442, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2008.07.005>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544208001710>).

Авторы публикации

Низамова Альфия Шарифовна – канд. техн. наук, доцент кафедры «Атомные и тепловые электрические станции (АТЭС) Казанского государственного энергетического университета.

Абасев Юрий Васильевич – канд. техн. наук, доцент кафедры «Атомные и тепловые электрические станции (АТЭС) Казанского государственного энергетического университета.

References

1. Rotach RR, Vankov YuV, Valiev RN. Methodology for calculation of energy indicators of the energy complex, including industrial heating boiler and screw expansion machine// Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo energeticheskogo universiteta. 2023; 15. 2(58):3–15.
2. Olimpiev VV, Mirzoev BG, Popov IA, et al. Raising the Efficiency of Heat-Exchange Tubes of Power Installations // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 2019; 92(3): 585-595. – DOI 10.1007/s10891-019-01966-y.
3. Glamazdin PM, Glamazdin DP, Yarmol'chik YuP. Ekologicheskie aspekty modernizatsii vodogreinykh kotlov bol'shoi moshchnosti // Energetika. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniii energeticheskikh ob"edinenii SNG. 2016; 59(3):249-259.
4. Petrikov SA. Razrabotka metodov intensivatsii teploperedachi v trubnykh puchkakh vodogreinykh kotlov i teploobmennyykh apparatakh / A. V. Volkov, S. A. Petrikov, V. S. Popov, N. N. Khovanov // Tyazheloe mashinostroenie. 2008; 10:12-15.
5. Ovchinnikov VA, Petrikov SA, Krylov AK. Generalization of experience gained from operation of hot-water boilers produced by OAO Dorogobuzhkotlomash // Thermal Engineering. 2011; Vol. 58,12:1016-1021. – DOI 10.1134/S0040601511120081.
6. Puring SM, Cherepanova ED. Optimizatsiya raboty kotel'noi pri szhiganii zhidkogo i gazoobraznogo topliva // Traditsii i innovatsii v stroitel'stve i arkhitekture. Stroitel'nye tekhnologii: sbornik statei, elektronnyi resurs / pod redaktsiei M.V. Shuvalova, A.A. Pishchuleva, A.K. Strelkova. – Samara : Samarskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 2018. pp.383-387.
7. Trifonov AP, Tarasova EV, Savenkov FI. Otoplenie promyshlennykh pomeshchenii. Kotel'noe oborudovanie i ego ekologichnost' // Molodezh' i sistemnaya modernizatsiya strany: sbornik nauchnykh statei 5-i Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii studentov i molodykh uchenykh: v 6 tomakh, Kursk, 19–20 maya 2020 goda. Vol 4. – Kursk: Yugo-Zapadnyi gosudarstvennyi universitet, 2020. pp. 379-382.
8. Dubrovin I, Dubrovin E. Kotel'nye ustanovki XXI veka: perspektivy razvitiya// GAZETA: Teplovaya energetika i ZhKKh. 2019. № 01(40) <https://www.eprussia.ru/teploenergetika/40/>
9. Nizamutdinov MI, Nizamova AS. Sovremennye vodogreinye kotly rossiiskikh i zarubezhnykh proizvoditelei // Prioritetnye napravleniya innovatsionnoi deyatel'nosti v promyshlennosti : sbornik nauchnykh statei po itogam vtoroi mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, Kazan, 28–29 fevralya 2020 goda. Ch. 1. Kazan: OOO "Konvert"; 2020. pp.135-136.
10. Gumerova RH, Chernyakhovskiy VA. Energy efficiency of modernization of boiler station of manufacturing plant // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. A.N. Tupoleva. 2016; 72(2):25-31.
11. Barabash VV, Ovchinnikov VA. Modernizatsiya vodogreinykh kotlov KV-GM i PTVM: o vnedrennykh tekhnicheskikh resheniyakh i novykh razrabotkakh // Novosti teplosnabzheniya. 2013; 4(152):25-28.
12. Prokhorov SG, Nazarov I.S. Increase of energy efficiency boilers of small power // Network journal «Oil and gas business». 2018; 5: 175-183. DOI:<https://doi.org/10.17122/ogbus-2018-5-175-183>.
13. Prokhorov SG. Modernizatsiya vodogreinykh i parovykh kotlov maloi moshchnosti. Penza : Penzenskii gosudarstvennyi universitet arkhitektury i stroitel'stva, 2015; 120 p.
14. Kumar K, Kumar S, Gill HS. Role of Surface Modification Techniques to Prevent Failure of Components Subjected to the Fireside of Boilers. J Fail. Anal. and Preven. 23, 1–15 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11668-022-01556-w>
15. Świątkowski T, Kalisz S, Wnorowska J. An innovative conversion of a district heating water-tube boiler for cogeneration of electricity and heat // Results in Engineering. 2022; 13: 100350. – DOI 10.1016/j.rineng.2022.100350.
16. Mihăescu L, Negreanu G, Pișă I, Berbec V, Lăzăroiu G, Enache E. "New design of a flame-tube steam generator based on a hot water boiler burning agricultural waste," 2020 7th International Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering (EE&AE), Ruse, Bulgaria, 2020, pp. 1-4, doi: 10.1109/EEAE49144.2020.9279081.
17. Pișă I, Negreanu GP, Mihăescu L, Berbec V, Lăzăroiu G. "New design developments of a steam generator with flame tubes derived from a hot water boiler burning agricultural biomass," 2022 8th International

Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering (EE&AE), Ruse, Bulgaria, 2022, pp. 1-4, doi: 10.1109/EEAE53789.2022.9831268.

18. Bujak J, Energy savings and heat efficiency in the paper industry: A case study of a corrugated board machine, Energy, Vol. 33, Issue 11, 2008, pp. 1597-1608, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2008.07.005>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544208001710>).

Authors of the publication

Alfiya S. Nizamova – Kazan State Power Engineering University.

Yuri V. Abasev– Kazan State Power Engineering University.

Шифр научной специальности: 2.4.5. Энергетические системы и комплексы (технические науки).

Получено

11.12.2023 г.

Отредактировано

25.12.2023 г.

Принято

09.01.2024 г.