

Секция IV

ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ И ПРИРОДООХРАННЫЕ
ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ В ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМАХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

УДК 621.18.01

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ КОТЛОВ СЕРИИ ПТВМ

П.М. Гламаздин¹, Д.П. Гламаздин²

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Украина

e-mail: ¹ sib.kiev@gmail.com, ² glamazdin@bay-boiler.de

Источники теплоты централизованных систем теплоснабжения городов Украины нуждаются в обновлении теплогенерирующего оборудования. При этом подход к обновлению этого оборудования должен зависеть от мощности котлов – котлы малой мощности подлежат замене на современные новые котлы, но котлы большой мощности, в частности серии ПТВМ, предпочтительнее подвергнуть глубокой модернизации в связи с большой стоимостью их замены. Предлагается новая концепция их модернизации, позволяющая увеличить их КПД, снизить вредные выбросы и расширить диапазон регулирования нагрузки.

Ключевые слова: централизованное теплоснабжение, отопительная котельная, водогрейный котел, модернизация котла.

ENERGY-EFFICIENT MODERNIZATION OF PTVM SERIES BOILERS

P. Glamazdin¹, D. Glamazdin²

Kiev National University of Civil Engineering and Architecture, Ukraine

e-mail: ¹ sib.kiev@gmail.com, ² glamazdin@bay-boiler.de

The heat sources of the centralized heat supply systems of the cities of Ukraine need to update the heat generating equipment. At the same time, the approach to updating this equipment should depend on the capacity of boilers – low-power boilers are subject to replacement with modern new boilers, but high-power boilers, in particular the PTVM series, are preferable to undergo a deep modernization due to the high cost of their replacement. A new concept of their modernization is proposed, which allows to increase their efficiency, reduce harmful emissions and expand the range of load regulation.

Keywords: centralized heat supply, heating boiler house, hot water boiler, boiler modernization.

Введение. Системы централизованного теплоснабжения в городах Украины находятся в состоянии глубокого кризиса. Не вдаваясь в анализ причин возникновения этого кризиса, необходимо отметить, что источники теплоты для систем централизованного теплоснабжения, как их неотъемлемая часть, также находится в таком состоянии, что требуют реконструкции и модернизации. При разработке концепции реконструкции или модернизации отопительных котельных с водогрейными котлами необходимо учитывать несколько факторов.

Большинство котельных было спроектировано и построено сорок и более лет назад. Соответственно, установленное в то время оборудование уже давно отработало паспортный срок эксплуатации и требует замены [1]. При подборе нового оборудования для замены отработавшего свой срок необходимо учитывать, что проекты котельных обычно рассчитывались на определенное увеличение подключенной нагрузки. Реально этого не произошло. Более того, сегодня наблюдается падение нагрузки на существующие котельные по нескольким причинам. Очень значительное снижение нагрузки произошло в результате массового отключения производственных предприятий, которые либо закрылись, либо перешли на теплоснабжение от собственных источников [2]. Кроме того, в последние годы наблюдается переход больниц и многих общественных учреждений и учебных заведений на автономное теплоснабжение [3], что очевидно ведет к дальнейшему снижению нагрузки на котельные. Очень резко упала нагрузка на централизованное горячее водоснабжение – в некоторых городах произошло падение этой нагрузки в пять и более раз [2]. Термосанация зданий также ведет к снижению нагрузки на котельные. Анализ влияния термомодернизации на уменьшение нагрузки котельных показал, что уже в настоящее время в результате еще не полной замены окон на современные стеклопакеты и частичного утепления фасадов уже имеет место уменьшение нагрузки в зависимости от типов зданий жилого фонда на 11 – 17%, а при полной термомодернизации жилого фонда, включающую термосанацию ограждающих конструкций и модернизацию внутренних инженерных систем с автоматизацией абонентских вводов приведет к уменьшению этой нагрузки на 45 – 50% [4]. Безусловно, эти процессы необходимо учитывать при разработке концепций реконструкции и модернизации отопительных котельных, а именно при выборе мощности нового оборудования, предлагаемого на замену существующего.

Постоянный рост стоимости энергоносителей требует выбирать новое оборудование с минимальным удельным расходом энергоносителей при его эксплуатации.

Очень серьезное ужесточение экологических норм, произошедшее за последние годы, обуславливает выбор соответствующего теплогенерирующего оборудования с минимально возможными выбросами вредных веществ в атмосферу.

Основная часть. Приведенные требования, которые необходимо учитывать при разработке концепции реконструкции или модернизации отопительной котельной, с учетом финансовых потребностей на реализацию подобных мероприятий позволяют делать вывод о том, что полная замена оборудования может быть осуществлена с приемлемыми финансовыми затратами только для котельных групповых, с маломощными котлами старых серий (НИИ-СТу и подобными) с большими удельными затратами энергоносителей.

Уже для квартальных котельных при выборе реконструкции или модернизации речь должна идти о предварительной разработке технико-экономического обоснования, которое должно показать, что выгоднее – замена котлов или их модернизация, как это описано, например, в [5]. Для районных котельных с котлами единичной мощностью от 10 МВт (кроме возможно паровых котлов серии ДКВР в водогрейном режиме), предпочтительнее будет модернизация котлов с заменой горелок, обмуровки и автоматики.

При этом, если модернизация котлов серии КВГМ с малым количеством горелок не вызывает особых затруднений, то модернизация котлов серии ПТВМ, (особенно большой мощности - 58, 116, 209 МВт) представляет сложную инженерную задачу. Изначально, этим котлам присущ ряд недостатков [6]: теплопроизводительность зависит от погодных условий, отсутствие дымососа делает практически невозможным поддержание на постоянном уровне разрежение в топке, высокая минимально допустимая эксплуатационная мощность котлов, большое количество горелок усложняет регулирование нагрузки и обслуживание котлов. Естественно, в силу этих особенностей

они не удовлетворяют сегодняшним требованиям к экологическим показателям и к величине удельного расхода топлива. Замена котлов серии ПТВМ на новые котлы, например, серии КВГМ аналогичной мощности, представляется финансово неподъемной задачей для теплогенерирующих компаний в Украине. Соответственно, приходится рассматривать варианты модернизации котлов этих серий. Опыт модернизации котлов имеется как в странах Восточной Европы, так и на постсоветском пространстве. Он изучен авторами и обобщён в [7,8]. В подавляющем большинстве случаев в процессе модернизации была проведена реконструкция конвективной части с выносом её в традиционную вертикальную шахту. При этом котлы оснащались дымососом. Иногда реконструкция включала увеличение площади поверхностей нагрева с соответствующим увеличением мощности котла. Основной же целью модернизации являлось снижение вредных выбросов в атмосферу, что диктовалось жёсткими требованиями Европейского Союза, которые приходилось выполнять странам Восточной Европы и Прибалтики в качестве одного из условий их принятия в ЕС. В процессе модернизации этих котлов, кроме устройства дымососа, приходится решать проблему наличия в них большого количества горелок. Эта проблема решалась по-разному: в основном путём уменьшения их количества с увеличением единичной мощности и использовании горелок LowNO_x, хотя в отдельных случаях количество горелок оставалось прежним, но устраивалась система рециркуляции продуктов сгорания в топку котла. Технические решения по установке новых горелок принимались разными, - либо на фронтально стенке котла в два яруса, либо на боковых стенках также в два яруса, но с наклоном факела в сторону пода котла. Необходимо отметить, что, добиваясь выполнения экологических нормативов, проектировщики не очень были озабочены возможным снижением удельного расхода топлива. Между тем, исследования, проводимые ещё в советский период в ВТИ и ЭНИНе по влиянию расположения горелок в топке котла и его энергетическую и экологическую эффективность, позволили сделать вывод о том, что оптимальным (с точки зрения энергоэффективности) для водогрейных отопительных котлов, работающих при постоянно изменяющихся нагрузках, обусловленных климатическими факторами и переменной нагрузкой на горячее водоснабжение расположением горелок будет их расположение в своде или в поду котла [9]. Имеются реализованные подобные технологические решения. В венгерском городе Секешфехервар в городской котельной буквально рядом стоят два модернизированных котла ПТВМ-30. В первом случае в поду расположена одна горелка большой мощности, а в другом по диагонали пода расположены три горелки. Оба решения оказались не оптимальными. В первом случае при приближении к номинальному режиму факел «лизал» поверхности нагрева на фронтальной и задней стенках топки, а во втором примере не удалось создать более-менее равномерное температурное поле в топке. Котлы ПТВМ-30 имеют прямоугольную топку с соотношением длины сторон примерно два к одному. Поэтому оптимальным вариантом является вариант с двумя горелками в поду. Такой котёл работает в Виннице уже восемь лет без каких-либо проблем [10,11]. Для котлов серии ПТВМ большей мощности, имеется опыт установки одной горелки в поду котла ПТВМ-50. При этом пришлось под котлом выполнить углубление глубиной 3 м с нарушением норм безопасности в газовом хозяйстве. Опыт оказался негативным.

Анализ конструкции топок котлов ПТВМ-50,100,180 показывает, что при их геометрии, близкой в горизонтальной проекции к квадрату, наилучшим решением будет устройство посередине топки двухсветного экрана, делящего общий объем топки на два отдельных. При этом отдельные объемы в горизонтальной проекции будут близкими к прямоугольным с соотношением сторон два к одному. Отсюда вытекает решение об установке в поду четырёх горелок по две горелки для каждого из полученных устройством посередине топки двухсветного экрана разделённых объемов. При таком размещении горелок котлы можно эксплуатировать

в двух диапазонах по мощности - либо при полной мощности на всех четырех горелках, либо при половинной мощности при отключении двух горелок. Естественно, при отключении двух горелок нижняя граница диапазона нагрузок также снижается. Для такой организации процессов в топке конвективную часть желательно разделить и устроить две отдельные конвективные шахты с отдельными дымососами для исключения конденсационного режима при работе двух горелок на общую конвективную часть.

Заключение. Тепловой расчет котлов ПТВМ-50 и ПТВМ-100 в такой компоновке, проведенный согласно Нормативному методу «Тепловой расчёт котельных агрегатов» в редакции 1973 г., показал возможность увеличения мощности котлов на 25-30 % в зависимости от принятых конструктивных решений с возможным повышением ККД котлов до 94 % и снижением выбросов до норм, принятых в Европейском союзе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Статистика енергетики за 2017 рік. Державна служба статистики України. URL: [http://ukr-stat.gov.ua/operativ/infograficka/2019/energy 2017.pdf](http://ukr-stat.gov.ua/operativ/infograficka/2019/energy%202017.pdf).
2. Степаненко В., Безпека в централізованому тепlopостачанні в містах України // [Електронний ресурс] / <https://energy-security.org.ua/2020/02/bezopasnost-v-czentralyzovannom-teplosnabzheny-ygo%C2%ACrodah%20ukrayn%D1%8B/>.
3. Never Duis, Goran Kzajacic, Nikola Matak, Brajan Vad Mathisen, District heating and 4DH in Central and Eastern Europe 4th international conference and sunart energy systems at 4th Generation district heating/Halborg/13-14 November 2018.
4. Гламаздин П.М., Гламаздин Д.П., Швачко Н.А. Вплив термомодернізації житлових будинків на роботу опалювальних котельень централізованого тепlopостачання. Energy efficiency in civil engineering and architecture, К: 2010, № 14, с. 48-63.
5. Гламаздин П.М., Гламаздин Д.П. / Энергоэффективная модернизация котлов КВГ та ТВГ. Научно-технический сборник: Вентиляция, освещение та теплогазопостачання. К.: КНУБА. Випуск №26, 2020, с. 22-36.
6. Бузников Е.Ф., Сидоров В.Н. Водогрейные котлы и их применение на электростанциях и в котельных М.Л.: Энергия, 1965, с. 240.
7. Гламаздин П.М., Гламаздин Д.П., Ярмольчик Ю.П. Экологические аспекты модернизации котлов большой мощности. Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Том 59, №3 (2016) с. 249-259.
8. Гламаздин П.М., Гламаздин Д.П. Модернізація водотрубних водогрійних котлів опалювальних котельень систем централізованого тепlopостачання для підвищення їх екологічних характеристик. В монографії ERBE DER EUROPAISHEN WISSENSCHAFT, Book 2. Part 1. Chapter 3, p. 44-59.
9. П.М. Гламаздин, Гламаздин Д.П., Шварценбергер Р, Перспективні конструкції водогрійних котлів великої великої потужності для систем централізованого тепlopостачання. / Энергоэффективность в будівництві та архітектурі / 2019 / Випуск 12 , с. 85-94.
10. Гламаздин П.М. Досвід модернізації водогрійних котлів ПТВМ-30 / П.М. Гламаздин, Д.П. Гламаздин // Житлово-комунальне господарство України, 2012, №9 (52), с. 59-61.
11. П.М. Гламаздин, Гламаздин Д.П., Молодід А.В., Результати модернізації водогрійних котлів ПТВМ-30. Житлово-комунальне господарство України. 2013, №8 (61), с. 18-19.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ
III МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 29–30 апреля 2021 г.)

Текстовое электронное издание

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
2021

УДК 72:624/628+69(082)

Одобрено и рекомендовано в качестве электронного издания
Советом инженерно-строительного факультета (протокол № 8 от 27.10.2021 г.)

Редакционная коллегия:

Д. Н. Лазовский (председатель), А. А. Бакатович, Е. Д. Лазовский,
Л. М. Парфенова, Ю. В. Вишнякова, Р. М. Платонова, А. М. Хаткевич

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ

[Электронный ресурс] : электрон. сб. ст. III междунар. науч. конф., Новополоцк, 29–30 апр. 2021 г. / Полоц. гос. ун-т ; Редкол.: Д. Н. Лазовский (председ.) [и др.]. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2021. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

ISBN 978-985-531-779-2.

Рассмотрены вопросы архитектуры и градостроительства в современных условиях, прогрессивные методы проведения инженерных изысканий и расчета строительных конструкций. Приведены результаты исследований ресурсо- и энергосберегающих строительных материалов и технологий, энергоресурсосберегающие и природоохранные инновационные решения в инженерных системах зданий и сооружений. Проанализированы организационные аспекты строительства и управления недвижимостью, проблемы высшего архитектурного и строительного образования.

Для научных и инженерно-технических работников исследовательских, проектных и производственных организаций, а также преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов строительных специальностей учреждений образования.

*Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса.
Регистрационное свидетельство № 3671815379 от 26.04.2018 г.*

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь
тел. 8 (0214) 53 53 92, e-mail: a.bakatovich@psu.by; l.parfenova@psu.by

№ госрегистрации 3671815379**ISBN 978-985-531-779-2**

©Полоцкий государственный университет, 2021

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Архитектурно-строительный комплекс: Проблемы, перспективы, инновации» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ
III МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 29–30 апреля 2021 г.)

Технический редактор *И. Н. Чапкевич*.

Компьютерная верстка *А. А. Прадидовой, С.Е. Рясовой*.

Компьютерный дизайн обложки *Е. А. Балабуевой*.

Подписано к использованию 09.11.2021.

Объем издания: 21,05 Мб. Тираж 3 диска. Заказ 420.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.2014.

211440, ул. Блохина, 29,
г. Новополоцк,
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44
<http://www.psu.by>