



Международный журнал информационных технологий и
энергоэффективности

Сайт журнала: <http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 697

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Чуков Ю.В.

*ФГБОУ ВО «САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
Самара, Россия, (443100, Самарская область, город Самара, Молодогвардейская ул., д.244),
e-mail: yura2183@mail.ru*

В данной работе представлен обзор на статьи, где рассмотрены самые современные методы повышения энергоэффективности и энергосбережения на промышленных предприятиях путем модернизации систем теплоснабжения и использование вторичных энергетических ресурсов.

Ключевые слова: Котельная, модернизация, реконструкция, энергоэффективность, теплоснабжение промышленных предприятий.

MODERNIZATION OF THE HEAT SUPPLY SYSTEM OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

Chukov Yu.V.

*SAMARA STATE TECHNICAL UNIVERSITY, Samara, Russia, (443100, Samara region, Samara,
Molodogvardeyskaya str., 244), e-mail: yura2183@mail.ru*

This paper provides an overview of articles that consider the most modern methods of improving energy efficiency and energy saving in industrial enterprises through the modernization of heat supply systems and the use of secondary energy resources.

Keywords: Boiler house, modernization, reconstruction, energy efficiency, heat supply of industrial enterprises.

Высокий уровень энергоемкости и потребности в модернизации экономики делают задачу повышения энергоэффективности особенно актуальной для России. Стремление к повышению конкурентоспособности промышленности и улучшению состояния окружающей среды диктует необходимость обновления и модернизации тепловых установок и сетей.

Фактический износ и устаревшие технологии в тепловом секторе промышленности приводят к тому, что существующие системы теплоснабжения не могут обеспечить необходимой энергоэффективности и соответствовать современным эксплуатационным стандартам. Поэтому модернизация котельных, оборудования и тепловых сетей становится неотложной задачей для обеспечения надежного и эффективного теплоснабжения, а также для снижения негативного воздействия на окружающую среду.

Исследование модернизации системы теплоснабжения с использованием утилизации тепловой энергии при ресурсных испытаниях газотурбинных двигателей не только поможет улучшить состояние систем теплоснабжения, но также способствует решению важных

проблем энергосбережения, экологической безопасности и повышения конкурентоспособности промышленного сектора.

Модернизация котельных играет ключевую роль в повышении эффективности и безопасности работы, а также в уменьшении эксплуатационных расходов. Ниже приведен список случаев, когда модернизация оборудования необходима, включает важные аспекты, которые определяют не только работоспособность котельной, но и ее воздействие на окружающую среду.

1. *Износ оборудования:* физический и моральный износ оборудования снижает его эффективность и безопасность, а также увеличивает риск аварийных ситуаций, что делает модернизацию необходимой мерой.

2. *Потребление электроэнергии:* высокий расход электроэнергии на выработку тепловой энергии указывает на неэффективность и потребность в использовании более современных и энергоэффективных технологий.

3. *Перебои в температурных режимах:* нестабильность температурных режимов может привести к простоям оборудования и неустойчивости в подаче тепла, что негативно влияет на комфорт и производственные процессы.

4. *Смена вида топлива:* переход с одного вида топлива на другой требует соответствующей адаптации оборудования, чтобы обеспечить безопасность и эффективность процесса.

5. *Отсутствие возможности постройки нового источника:* в ситуациях, когда невозможно построить новый источник теплоснабжения, модернизация оборудования позволяет улучшить производительность и безопасность существующей системы.

6. *Экологические аспекты:* увеличение выбросов вредных веществ требует принятия мер по снижению негативного воздействия на экосистему через модернизацию оборудования с целью сокращения загрязнений.

Этот перечень отражает важные факторы, которые делают модернизацию котельных необходимой и актуальной в контексте обеспечения эффективности, безопасности и экологической устойчивости систем теплоснабжения.

Реконструкция котельной представляет собой важный процесс, который может включать как частичную, так и полную замену изношенного оборудования на новое с целью улучшения работы теплового источника. Такие действия помогают оптимизировать работу системы, повысить эффективность установки и снизить эксплуатационные затраты.

Многие котельные, которые до сих пор используют твердое или жидкое топливо, имеют потенциал для перехода на более современное и эффективное использование природного газа. Обновление котельных поможет не только снизить расходы на ремонт и эксплуатацию, но и приведет оборудование в соответствие с современными стандартами безопасности и энергоэффективности.

Важно отметить, что моральное и физическое старение оборудования котельной может привести к частым поломкам и повышенным затратам на ремонт. Поэтому комплексная работа по реконструкции котельной становится все более актуальной с течением времени. Эта мера позволяет не только повысить надежность работы системы, но и снизить тарифы на

теплоснабжение для потребителей в результате улучшения эффективности и снижения эксплуатационных расходов.

Своевременная реконструкция котельной является важным шагом в повышении тепловой эффективности объекта. Замена устаревшего оборудования на современное более мощное с высоким КПД может значительно улучшить производительность котельной и снизить расходы на энергоносители. Модернизация систем подачи топлива и теплоносителя также играет важную роль в оптимизации работы установки.

Современные котлы и вспомогательное оборудование, устанавливаемые в процессе реконструкции, обладают возможностью интеграции с компьютерными системами, что обеспечивает не только более точный контроль над процессами, но и увеличивает уровень автоматизации работы котельной. Это позволяет снизить вмешательство человеческого фактора и улучшить управление параметрами работы оборудования.

Благодаря своевременной реконструкции котельной улучшается качество услуг по теплоснабжению абонентов, а также сокращается вредное воздействие на окружающую среду за счет снижения выбросов. Все эти меры в совокупности способствуют эффективной и экологически безопасной работе котельной.

Реконструкция котельной имеет ключевое значение для обеспечения энергоэффективности и стабильной работы объекта. Виды работ при реконструкции котельной весьма разнообразны и включают в себя современные технологии и методы, которые позволяют значительно улучшить эффективность системы отопления.

Применение газопоршневых машин, переход к водогрейному режиму котлов и внедрение альтернативных видов топлива не только повышают энергетическую эффективность, но и способствуют сокращению затрат на эксплуатацию. Другие модернизационные работы с котельным оборудованием, такие как замена теплоснабжающих путей и внедрение индивидуальных комплексных автоматизированных систем управления, также играют важную роль в оптимизации процессов и снижении расходов.

Результаты проведенной реконструкции впечатляющие: повышение КПД объекта до 93%, увеличение тепловой мощности, снижение расхода топлива и энергопотребления. Это не только сокращает затраты на эксплуатацию и обслуживание в ближайшие годы, но также способствует увеличению экологической дружелюбности объекта за счет использования вторичных энергетических ресурсов.

Реконструкция котельной - это инвестиция в будущее, которая не только повышает эффективность работы системы отопления, но и сокращает негативное воздействие на окружающую среду. Внедрение современных технологий и методов позволяет обеспечить стабильность и эффективность работы котельной даже в самые суровые условия, что является ключевым фактором для комфортной и безопасной эксплуатации объекта.

Основная часть

Исходя из экономической точки зрения, централизованное теплоснабжение на базе теплоэлектроцентралей (ТЭЦ) оказывается более выгодным в сравнении с использованием малых персональных котельных для обогрева производственных помещений.

Предлагаемые преимущества централизованного теплоснабжения с помощью ТЭЦ включают:

- когенерация: одновременная генерация тепла и электроэнергии на ТЭЦ с высоким коэффициентом полезного действия (КПД) повышает эффективность процесса;
- экономичность в эксплуатации: масштаб производства на ТЭЦ позволяет использовать более экономичные термодинамические режимы, повышая эффективность процесса генерации тепла;
- себестоимость: благодаря централизованной логистике, меньшим накладным расходам и более эффективной производственной системе ТЭЦ обеспечивает более низкую себестоимость производимой тепловой энергии по сравнению с автономными источниками тепла.

Несмотря на все эти преимущества, распределительные сети теплоснабжения представляют значительную проблему. Получившая широкое распространение неэффективная теплоизоляция и плачевное состояние тепловых сетей приводят к катастрофическим потерям тепла в процессе передачи — до 60% в некоторых случаях. Эти потери тепла обременяют финансово потребителей, которые вынуждены оплачивать как утраченную энергию, так и необходимость модернизации теплосетей и замену оборудования.

В целом, централизованное теплоснабжение на базе ТЭЦ представляет экономическую и экологическую выгоду, но эффективность такой системы сильно зависит от состояния распределительных сетей и необходимости их модернизации. Следовательно, при выборе между автономными системами и централизованным подходом важно учитывать все аспекты: преимущества ТЭЦ, проблемы распределительных сетей и необходимость повышения эффективности теплоснабжения.

В работе [1] рассматривается вопрос правильной оценке показателей энергетической эффективности и потенциала энергосбережения. Большинство существующих методик оценки показателей энергетической эффективности носят ограниченный характер и позволяют произвести оценку только одного или нескольких показателей, не предусматривают увязку всех показателей в единое целое. Кроме того, отсутствует критерий оценки энергетической эффективности, единый для всех составляющих систем теплоснабжения. Перспективными направлениями современных исследований в области систем теплоснабжения становятся совершенствование способов оценки энергетической эффективности систем теплоснабжения посредством использования научно обоснованного критерия энергетической эффективности системы теплоснабжения промышленных предприятий и создание унифицированных методик и алгоритма оценки показателей энергетической эффективности систем теплоснабжения различного состава и устройства. Отдельное внимание уделяется оценке достоверности исходных данных. Выполнение этой оценки возможно с помощью корреляционного метода. На практике широко применяется корреляционно-регрессионный анализ для прогнозирования потребления тепловой энергии. Этот подход можно использовать и при оценке достоверности исходных данных с использованием шкалы Чеддока. В ходе исследований применены методы конструктивных и поверочных расчетов, экспериментальные и аналитические исследования, метод корреляционного анализа, статистические методы исследования. В результате исследований разработана единая, обобщенная методика оценки показателей энергетической эффективности системы теплоснабжения предприятия. Создан алгоритм, позволяющий дать комплексную оценку энергетической эффективности системы теплоснабжения промышленного предприятия и оценить потенциал энергосбережения.

Анализ ориентировочного потенциала энергосбережения в области производства и преобразования энергетических ресурсов показал, что его наибольшее значение приходится на генерацию и преобразование тепловой энергии.

В работе [1] проводится анализ исследования в области оценки энергетической эффективности систем теплоснабжения промышленных предприятий. Предпринимается попытка разработать унифицированные методики и алгоритмы оценки показателей энергетической эффективности различных систем теплоснабжения. Также отмечается беспокойство по поводу отсутствия единого критерия оценки энергетической эффективности, применимого ко всем аспектам систем теплоснабжения.

Автор также рассматривает применение корреляционного метода для оценки достоверности исходных данных и подчеркивает значимость аналитических и экспериментальных методов в контексте разработки методики оценки энергетической эффективности.

Исследование также касается анализа потенциала энергосбережения, сосредотачиваясь на генерации и преобразовании тепловой энергии.

Это исследование представляется информативным и ценным для развития методик оценки энергетической эффективности систем теплоснабжения, поскольку оно охватывает методы анализа и корреляционной проверки данных, а также предоставляет единые критерии оценки.

Оценка энергоэффективности систем теплоснабжения является важным этапом в улучшении работы промышленных предприятий. Недостаток общепринятых критериев и методологий подчеркивает необходимость разработки более совершенных подходов к оценке энергетической эффективности.

Проведение контрольных испытаний, сбор и анализ данных, разработка топливно-энергетического баланса и принятие мер по энергосбережению являются неотъемлемой частью этого процесса. Важно уделить внимание основным показателям энергоэффективности, таким как удельный расход энергии, степень загрузки оборудования, затраты и потери тепла.

Контрольно-балансовые испытания позволяют получить дополнительную информацию о работе системы теплоснабжения и сделать более точные оценки показателей. Развитие более точных методов оценки энергоэффективности систем теплоснабжения позволит эффективнее использовать энергетические ресурсы и снизить затраты на энергию, что является важным шагом в направлении устойчивого развития промышленности.

Действительно, отсутствие единого физико-математического аппарата для оценки критерия энергетической эффективности представляет собой значительное препятствие для комплексной оценки систем теплоснабжения. Различные методики оценки эффективности отопительных систем, теплогенерирующих объектов и сетей теплоснабжения усложняют сравнение и оценку эффективности систем в целом.

Исследование, описанное в работе [1], выглядит важным в контексте разработки унифицированной методики оценки энергетической эффективности. Предложенный критерий энергетической эффективности для систем теплоснабжения промышленных предприятий представляет собой значительный прогресс. Он позволяет оценить существующее состояние систем теплоснабжения, облегчает анализ и планирование мероприятий по повышению

эффективности и способствует формированию технико-экономического обоснования для программы энергосбережения.

Однако для успешной реализации предложенной методики важно убедиться в ее адаптации к различным типам систем теплоснабжения и промышленных предприятий, а также ее пригодности для учета всех аспектов энергопотребления.

Данное исследование является важным шагом в решении проблемы отсутствия единого физико-математического аппарата для оценки критерия энергетической эффективности, и его применение может стать значительным преимуществом для повышения эффективности систем теплоснабжения промышленных предприятий.

В работе [2] видно, что модернизация открытых систем теплоснабжения на закрытую схему представляет сложную задачу, требующую значительных работ, времени и инвестиций. Из-за этих факторов проекты модернизации часто сталкиваются с низкой экономической эффективностью, что затрудняет их реализацию.

Для успешной модернизации систем теплоснабжения в данных условиях ключевым фактором является повышение энергетической эффективности при минимизации капитальных затрат. В данном контексте важны различные технические решения, предполагающие использование альтернативных методов модернизации, например, индивидуальных тепловых пунктов с пиковым источником тепла.

Установленное законодательством требование о переходе к закрытым системам теплоснабжения с 1 января 2022 года, а также устаревшее состояние основных фондов отрасли, делают модернизацию систем теплоснабжения необходимой. Одним из ключевых документов, определяющих цели и принципы развития отрасли, являются схемы теплоснабжения городов, в которых разрабатываются материалы по обоснованию эффективной и безопасной работы систем.

Для повышения экономической эффективности рассматриваются альтернативные модернизационные варианты, включая автоматизацию элеваторных узлов и использование струйных аппаратов. Эти решения направлены на обеспечение энергетической эффективности при снижении капитальных затрат и повышении управляемости систем теплоснабжения.

Из приведенной информации в работе [2] очевидно, что решение о выборе приоритетного варианта модернизации системы теплоснабжения должно опираться на технико-экономическое обоснование, учитывающее многочисленные факторы. Существует множество параметров, которые необходимо учесть при сравнении альтернативных вариантов модернизации, таких как способы регулирования отпуска тепла, тип источника теплоснабжения, уровень тепловых нагрузок и существующие схемы присоединения потребителей.

Необходимость модернизации открытых систем теплоснабжения промышленных предприятий становится ключевой из-за старения оборудования, роста затрат на обслуживание и ремонт, увеличения потерь тепловой энергии, расходов топлива, ухудшения экологической обстановки и увеличения себестоимости производства электроэнергии и тепла. Однако реализация подобных проектов требует сбора, анализа и обработки большого объема данных, а также учета многочисленных факторов, связанных с межотраслевой синхронизацией работ.

Учитывая сложность проблемы модернизации систем теплоснабжения, несомненно, что адекватное технико-экономическое обоснование выбора технических решений играет

ключевую роль в успешной реализации проектов по переходу открытых систем теплоснабжения на закрытую схему. Комплексная модернизация открытых систем теплоснабжения, лежащая в основе представленного подхода, сможет значительно повысить эффективность потребления тепловой энергии и стимулировать последующие изменения в отрасли.

В работе [3] выбранная реконструкция котельной, направленная на повышение энергоэффективности и снижение эксплуатационных расходов, представляется значительным изменением для системы теплоснабжения в бизнес-парке. Установка стальных котлов Unical Modal, гидравлической стрелки Sinus, трехходовых кранов Vexve, погодозависимой автоматики и нового дымохода из нержавеющей труб обещает улучшить надежность и эффективность системы.

Данная реконструкция позволит сократить расход дизельного топлива за счет повышения эффективности работы котельной, а также снизить выброс вредных веществ в атмосферу благодаря более эффективному сгоранию и мониторингу параметров работы системы. Погодозависимая автоматика также способствует оптимизации работы в зависимости от внешних условий, что может снизить излишние расходы энергоресурсов.



Рисунок 1 – Котельная до реконструкции



Рисунок 2 – Котельная после реконструкции

В целом, данные технические изменения представляют собой важный шаг в обеспечении более устойчивой и эффективной работы системы теплоснабжения, приводя к снижению эксплуатационных затрат и улучшению экологических характеристик работы котельной.

В работе [4] рассматривается применение конденсационных газовых котлов. Конденсационные газовые котлы представляют собой одни из наиболее экономичных и эффективных систем отопления. Они имеют выше коэффициент полезного действия (КПД) на 10–15% в сравнении с традиционными газовыми котлами. За счет использования конденсации водяных паров из продуктов сгорания, конденсационные котлы обеспечивают уровень КПД до 95–96%. Для их работы требуется подача теплоносителя с низкой температурой, что обеспечивает конденсационный режим.

Однако, применение конденсационных котлов сталкивается с определенными проблемами, включая организацию аэродинамических режимов работы дымоходов при низких температурах, образование обледенения неизолированных участков и пропуск влаги в дымовые трубы. Для предотвращения этих проблем необходимо обеспечить теплоизоляцию дымовых труб и выходных участков. Уклон газохода к котлу через конденсатоотводный узел также важен для отвода конденсата. Для конденсационных котлов рекомендуется использование газоходов и дымовых труб из полипропилена и нержавеющей стали для обеспечения долговечности и надежности работы системы

В работе [5] рассматривается состояние энергетики России и обозначаются возможные пути повышения устойчивости через внедрение новых энергоблоков на основе парогазового цикла. Обзор технологических схем парогазовых установок котлами-утилизаторами является значимым шагом в этом направлении.

Подход, основанный на создании высокоэкономичных энергоблоков с суперсверхкритическими параметрами пара для удовлетворения необходимых графиков нагрузки, также привлекает внимание к приоритету автоматизации технологического процесса.

Важными аспектами являются снижение удельных затрат на производство электрической и тепловой энергии, повышение надежности и защиты окружающей среды от вредного воздействия.

Имеющиеся резервы природного газа делают комбинированный цикл (ПГУ) мощным и перспективным решением для российской энергетики, учитывая его высокую эффективность по сравнению с традиционными паросиловыми установками. Определение эффективности работы отдельных энергосистем через себестоимость электроэнергии, сроки ввода объектов и удельные затраты на оборудование электростанций также актуальны и важны для принятия достоверных решений в сфере энергетики.

Подчеркивается, что предложенный вариант строительства энергоблоков по комбинированному циклу (ПГУ) может значительно повысить энергетическую стабильность, особенно в контексте возрастающего спроса на энергию и необходимости обеспечения устойчивого и эффективного производства электроэнергии.

Котлы-утилизаторы различаются по компоновке, тепловым схемам и параметрам. Подробное описание различных аспектов проектирования и функционирования таких котлов демонстрирует важность оптимизации процессов для повышения эффективности производства энергии и устойчивости работы систем.

Использование горизонтальных или вертикальных котлов-утилизаторов с тепловыми схемами барабанного типа и спиральным оребрением поверхностей теплообмена является технически продвинутым решением для сокращения металлоемкости и увеличения эффективности теплообмена. Важно отметить внедрение газовых подогревателей конденсата для охлаждения дымовых газов и поддержания оптимальной температуры.

Наличие системы рециркуляции подогретого конденсата, дожигающих устройств для стабилизации параметров или увеличения производительности котлов-утилизаторов демонстрирует стремление к оптимизации энергетических процессов при проектировании таких установок. Учет требований к горелочным устройствам и соблюдение технических условий играют ключевую роль в обеспечении безопасной и эффективной работы энергетических систем.

Эти современные методы и технологии позволяют значительно повысить КПД производства электроэнергии и эффективность работы энергетических установок, что важно для обеспечения устойчивого функционирования энергетической отрасли.

Заключение

Исследования показывают - модернизация систем теплоснабжения промышленных предприятий является перспективным направлением развития. Для успешной реализации этой задачи необходимо учитывать множество факторов. Среди них:

1. Модернизация центральных тепловых пунктов (ЦТП) и индивидуальных тепловых пунктов (ИТП), что позволит повысить эффективность и надежность работы системы.
2. Модернизация открытых систем теплоснабжения для оптимизации процессов и снижения потерь тепла.
3. Модернизация или реконструкция действующих котельных с установкой современного оборудования для повышения энергоэффективности.

4. Применение конденсационных газовых котлов, обеспечивающих высокий коэффициент полезного действия и эффективное использование топлива.
5. Внедрение энергоблоков на основе парогазового цикла для повышения энергетической устойчивости и эффективности производства электроэнергии.

Список литературы

1. А.С.Краснов, К.К.Ким «Оценка энергоэффективности систем теплоснабжения промышленных предприятий» Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС), г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, 2021
2. И.Г.Черненко «Альтернативные варианты модернизации открытых систем теплоснабжения» изд. Энергосбережение и энергоэффективность, 2020
3. Куликова С.Е., Готулева Ю.В., Суконкина Ю.Ю «Повышение эффективности работы котельной» Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет Нижний Новгород, 2018
4. Сборник работ аспирантов и студентов – сотрудников научно-исследовательской лаборатории «теплоэнергетические системы и установки» г. Ульяновск, 2019
5. С.Н. Хуторненко, И.Д. Фурсов, Г.П. Пронь «Котлы-утилизаторы, предназначенные для работы в составе энергоблоков пгу» ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», кафедра «Котло- и реакторостроения», г. Алтай, 2013
6. 67-я научно-техническая конференция учащихся, студентов и магистрантов, 18-23 апреля, Минск : сборник научных работ : в 4 ч. Ч. 1 / Белорусский государственный технологический университет. - Минск : БГТУ, 2016. - 308 с.
7. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года (Распоряжение Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 г. № 1523-р).
8. Об утверждении порядка определения нормативов удельного расхода топлива при производстве электрической и тепловой энергии (вместе с «Порядком определения нормативов удельного расхода топлива при производстве электрической и тепловой энергии»). Приказ Минэнерго России от 30.12.2008 № 323 (ред. от 30.11.2015). –
9. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. – Москва : Минрегион России, 2012.
10. СП 60.13330.2016. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – Москва : Минстрой России, 2016.
11. Середкин А. А. Методика и критерий оценки энергоэффективности систем теплоснабжения / А. А. Середкин. Текст : непосредственный // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2017. – Т. 23. – № 1. – С. 27–35.
12. Практическое пособие по выбору и разработке энергосберегающих проектов: в семи разделах, под общей ред. О. Л. Данилова, П. А. Костюченко. – Москва : ЗАО «Технопромстрой», 2006. –688 с.
13. Данилов Н. И. «Основы энергосбережения» / Н. И. Данилов, Я. М. Щелоков. – Екатеринбург : Уральский гос. техн. ун-т, 2005. –564 с. –Текст : непосредственный
14. Палей Е.Л. «Котельные. Нормативные требования и практические рекомендации при проектировании», 2010 г. – 117 с
15. Соколов Б.А. «Газовое топливо и газовое оборудование котельных», 2008 г. – 64 с.

16. СП 89.13330.2016 Котельные установки. Актуализированная редакция СНиП II-35-76

References

1. A.S.Krasnov, K.K.Kim "Assessment of energy efficiency of heat supply systems of industrial enterprises" St. Petersburg State University of Railways of Emperor Alexander I (PGUPS), St. Petersburg, Russian Federation, 2021
2. I.G.Chernenko "Alternative options for modernization of open heat supply systems" ed. Energy saving and energy efficiency, 2020
3. Kulikova S.E., Gotuleva Yu.V., Sukonkina Yu.Yu. "Improving the efficiency of the boiler room" Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering Nizhny Novgorod, 2018
4. Collection of works by graduate students and students – employees of the research laboratory "Thermal power systems and installations" Ulyanovsk, 2019
5. S.N. Khutorenko, I.D. Fursov, G.P. Pron "Waste heat boilers designed to work as part of the power units of the PSU "FGBOU VPO"Altai State Technical University named after I.I. Polzunova", Department of Boiler and Reactor Engineering, Altai, 2013
6. 67th Scientific and Technical Conference of students, undergraduates and undergraduates, April 18-23, Minsk : collection of scientific papers : at 4 p.m. 1 / Belarusian State Technological University. - Minsk : BSTU, 2016. - 308 p.
7. Energy Strategy of the Russian Federation for the period up to 2035 (Decree of the Government of the Russian Federation dated June 9, 2020 No. 1523-r).
8. On approval of the procedure for determining the standards of specific fuel consumption in the production of electric and thermal energy (together with the "Procedure for determining the standards of specific fuel consumption in the production of electric and thermal energy"). Order of the Ministry of Energy of the Russian Federation dated 12/30/2008 No. 323 (ed. dated 11/30/2015). –
9. SP 50.13330.2012. Thermal protection of buildings. – Moscow : Ministry of Regional Development of Russia, 2012.
10. SP 60.13330.2016. Heating, ventilation and air conditioning. – Moscow : Ministry of Construction of Russia, 2016.
11. Seredkin A. A. Methodology and criterion for evaluating the energy efficiency of heat supply systems / A. A. Seredkin. Text : direct // Scientific and Technical bulletin of St. Petersburg State University. – 2017. – Vol. 23. – No. 1. – pp. 27-35.
12. Practical guide to the selection and development of energy-saving projects: in seven sections, under the general editorship of O. L. Danilova, P. A. Kostyuchenko. – Moscow : Technopromstroy CJSC, 2006. -688 p.
13. Danilov N. I. "Fundamentals of energy saving" / N. I. Danilov, Ya. M. Shchelokov. – Yekaterinburg : Ural State Technical University. Univ., 2005. -564 p. –Text : direct
14. Paley E.L. "Boiler rooms. Regulatory requirements and practical recommendations for design", 2010 – 117 p
15. Sokolov B.A. "Gas fuel and gas boiler equipment", 2008 – 64 p.
16. SP 89.13330.2016 Boiler installations. Updated version of SNiP II-35-76