

Министерство образования и науки Российской Федерации
Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова

*Посвящается
85-летию ОАО «ММК»*

ЭНЕРГЕТИКИ И МЕТАЛЛУРГИ НАСТОЯЩЕМУ И БУДУЩЕМУ РОССИИ

МАТЕРИАЛЫ 18-й ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И СПЕЦИАЛИСТОВ

23 – 25 мая

Под общей редакцией Е.Б. Агапитова

Магнитогорск
2017

Редакционная коллегия:

Е.Б. Агапитов – профессор, д-р техн. наук (МГТУ им. Г.И. Носова),
О.Ю. Шешуков – профессор, д-р техн. наук (Имет УрО РАН),
В.Н. Михайловский – канд. техн. наук, заместитель начальника
Центра энергосберегающих технологий ОАО «ММК»
С.В. Осколков – ст. преподаватель (МГТУ им. Г.И. Носова),
А.В. Тихонов – ассистент (МГТУ им. Г.И. Носова),
Е.Н. Гасаненко – ст. преподаватель (МГТУ им. Г.И. Носова)

Энергетики и металлургии настоящему и будущему России:
материалы 18-й Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и
специалистов / под общ. ред. Е.Б. Агапитова. – Магнитогорск: Изд-во
Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2017. – 149 с.

ISBN 978-5-9967-0934-2

Публикуемые доклады содержат материалы исследований, проведенных студентами, аспирантами и молодыми учеными вузов и промышленных предприятий. Тематика охватывает проблемы энергосбережения в энергетике, металлургии. Работы представлены различными регионами России и зарубежья.

Сборник рассчитан на научных, инженерно-технических работников, студентов, аспирантов энергетических и металлургических специальностей.

ISBN 978-5-9967-0934-2

© Магнитогорский государственный
технический университет
им. Г.И. Носова, 2017

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Этот сборник статей молодых исследователей и студентов посвящен 85-летию одного из крупнейших промышленных предприятий России – Магнитогорского металлургического комбината, который внес неоценимый вклад в дело Великой Победы во Второй мировой войне. Импульс к его развитию был положен в предвоенные и военные годы, когда ценой невероятных усилий всего народа в кратчайшие сроки был построен металлургический гигант.

Размышления об этом времени и нашей современности заставляют задуматься о причинах прошлых успехов и оценке того состояния, в котором находимся сегодня мы. Раньше это было время трудового героизма и творчества масс, поставленных в жесткие условия военного положения и ориентированных на задачу физического выживания страны и граждан этой страны. Каждый индивид общественной деятельности был заинтересован в продукте своего труда, а общество концентрировало ресурсы и предоставляло ему уклад, ориентированный на социальное потребление.

Развитие современных промышленных технологий и компьютеризация производства неизбежно толкают общество к созданию новой социальной модели, контуры которой ещё только начинают вырисовываться. Главные революционные изменения происходят в области самого процесса труда и потребления продуктов трудовой деятельности. Попытки организовать при этом массовое творчество не дают успеха, и творческий труд становится уделом узких специалистов. Работника предприятия в принципе не интересует создаваемый им продукт – это лишь способ получить некий «эквивалент» за трудовые усилия, чтобы обеспечить свое существование и социальные услуги, качество которых зависит от уровня доходов в процессе трудовой деятельности. Поэтому на современных предприятиях человек вытесняется машинами, для которых продукт также не является целью существования, а сам продукт они делают лучше человека. Развитие производства стимулируется навязыванием обществу ложных потребностей, сте-



реотипов поведения, для обеспечения которых индивид увеличивает время, занятое трудовой деятельностью.

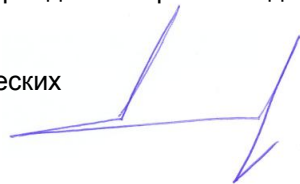
Однако сейчас наблюдаются процессы, которые связаны не с социальной революцией, а революцией социума – изменением поведения человека в обществе. В условиях снижения темпов расширения производства в существующей общественной модели система стагнирует – некуда «сбрасывать» увеличивающиеся объемы произведенного продукта и нет концепции организации его потребления. Система кредитования спроса заходит в тупик из-за несовпадения темпов роста производства и темпов роста возможностей общественного потребления.

Меняется отношение к собственности – наступает время понимания, что обилие искусственно навязанной индивидуальной собственности не нужно (например, индивидуальный автомобиль, который используется в сутки не более 10% времени, и т.д.). В обществе назревает потребность решения нарастающих социальных проблем и занятия работой людей, вытесненных с производств машинами, создание условий для обеспечения их физического существования. Нужна модель, которая меняет смысл общественного производства продукта и систему его индивидуального потребления.

Деятельность человека, по прогнозам, постепенно будет смещаться в область, когда сам труд станет смыслом существования при изменении социальной модели поведения, когда потребление неизбежно отойдет на второй план на фоне нового общественного уклада.

Одним из вариантов, который сейчас обсуждается философами и социологами, в перспективе может быть смещение объекта трудовой деятельности в научно-производственную сферу, которая может практически бесконечно расширяться и вовлекать в работу огромные трудовые ресурсы. Особенностью этой сферы человеческой деятельности является раскрытие индивидуальных способностей, что может дать новый прогрессивный толчок развитию общества. Поэтому молодежи, которая сейчас делает в этой области первые шаги, хочется пожелать не останавливаться на достигнутом, расширять сферы поиска новых идей и творчески мыслить, ибо это является трендом завтрашнего дня.

Зав. кафедрой теплотехнических
и энергетических систем



Арапитов Е.Б.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Пензина К.О. – студент
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова»

ENERGY SAVING AT THE ENTERPRISES OF SIDERURGY

Penzina K.O. (penzina.k@gmail.com)

This article analyzes the statistical analysis of energy-intensive losses at enterprises of ferrous metallurgy, examines the issues of solving energy-saving problems, and considers their solutions at MMK Group.

В данной статье проведен статистический анализ энергопотерь на предприятиях черной металлургии, приведены способы решения задач энергосбережения, показан опыт решения таких задач в ОАО «ММК».

Ключевые слова: энергосбережение, статистика, бережливое производство, черная металлургия.

В современном мире энергосбережение является одной из главных задач, особенно для крупных производств. Россия является одной из стран с большим энергопотреблением. Всего объем потребления энергоресурсов в нашей стране составляет около 1900 т у.т. в год. Предприятия металлургического комплекса по производственной мощности занимают первое место среди всех остальных, производя около 72 млн т стали в год, имея при этом 17% от общего энергопотребления, что является наивысшим показателем среди всех типов промышленности. По данным фирмы Cogus, около 55% энергии, используемой в черной металлургии, расходуется эффективно. Это означает, что теряются 45% энергии, что влечет за собой высокую долю затрат в себестоимости продукции. К основным статьям расходов можно отнести затраты на нагрев и отопление (до 80-90%)[6], электроэнергию, на восстановление и поддержание работоспособного состояния основных производственных фондов предприятия и из-за применения устаревших технологий в производственном цикле[1].

К сожалению, вопрос о морально устаревшем оборудовании стоит особенно остро в нашей стране. Многие предприятия сильно ограничены в финансах, не могут получить кредит и поэтому не имеют возможности для приобретения оборудования, даже произведенного на территории России. Сегодня существует Фонд развития промышленности, который позволяет снизить эту статью расходов за счёт выгодного импортозамещения. Фонд предлагает льготные условия софинансирования проектов, направленных на разработку новой высокотехнологичной продукции, техническое перевооружение и создание конкурентоспособных производств на базе наилучших доступных технологий. Для реализации новых промышленных проектов Фонд на конкурсной основе предоставляет целевые займы, стимулируя приток прямых инвестиций в реальный сектор экономики [4]. Одной из полезных для энергосбережения программ льготного финансирования фонда является создание серийных производств станкоинструментальной продукции, что позволяет существенно снизить конечную стоимость производимых станков и оборудования, а их покупателям дает возможность обновить производственный фонд.

Со стороны государства также многое делается для решения проблем перепотребления энергии на производстве. Для повышения действенности энергосберегающей политики, начатой с принятия закона «Об энергосбережении» и Федеральной целевой программы «Энергосбережение России», осуществляется целостная система мер, стимулирующих эффективное использование энергии. В рамках этой системы пересматриваются существующие регламенты, ужесточаются требования к энергосбережению; устанавливаются стандарты энергопотребления и энергопотерь, включая санкции за их нарушение и плату за неэффективное расходование; проводятся регулярные энергоаудиты, а также освобождаются от налога на прибыль инвестиции, направляемые на энергосбережение, снижение ставок НДС на оборудование и материалы пропорционально повышению их энергетической эффективности, поддержку нетрадиционных энергосберегающих схем (лизинг энергоэффективного оборудования, доступ сэкономленных энергоносителей к сетям естественных монополий и др.); предоставление государственных гарантий и финансовой поддержки энергосберегающих проектов; активизацию Федерального фонда энергосбережения пропаганды энергосбережения [2] и т.д.

Однако решение задач энергосбережения на металлургическом предприятии как крупном потребителе энергии невозможно без разработки стратегии и основных направлений энергосбережения с обязательной координацией перспективного развития ос-

нового производства [5]. Хорошим примером постоянного и непрерывного внедрения бережливых технологий и энергоэффективных способов производства является ОАО «ММК». Очевидный энергосберегающий эффект имеют: непрерывная разливка стали (снижение удельного расхода энергии на 20%), сухое тушение кокса, использование вторичных энергоресурсов (в производстве до 50% занимает вторичное топливо), использование рекуперативных и регенеративных теплообменников (позволяет частично решить экологические проблемы неблагоприятных экологических районов)[3], введение в эксплуатацию собственных электростанций (сокращение затрат на электричество в 2-3 раза), использование автоматических систем управления энергией и многое другое.

Наблюдаемое за последние годы повышение эффективности энергопотребления на крупных предприятиях свидетельствует об изменении отношения менеджмента к вопросам энергосбережения [5]. Внедрение программ энергосбережения на предприятиях металлургической отрасли должно быть комплексным. Наибольшую выгоду, пусть и в долгосрочной перспективе, дадут инвестиции в модернизацию и создание экологически чистых производственных процессов, обновление производственного фонда и внедрение инновационных бережливых технологий, позволяющих сократить все виды потерь на предприятии, вовлекая в процесс энергосбережения всех сотрудников – от простого рабочего до руководителей высшего звена.

Список литературы

1. Общая металлургия / Д.Д. Бурдаков, Ю.Д. Бурдаков, С.А. Володин, Н.К. Жилкин. М., 1971. 472 с.
2. Авдеев В.А., Дряян В.М., Кудрин Б.И., Основы проектирования металлургических заводов. М., 2002.
3. Вторичные энергоресурсы и энерготехнологическое комбинирование в промышленности / Н.А. Семененко, Л.И. Куперман, С.А. Романовский, Н.М. Ицкович, Л.Н. Сидельковский, Л.К. Вукович. Киев : Высшая школа, 1979. 296 с.
4. Информация с официального сайта Фонда развития промышленности. Режим доступа: <http://frprf.ru/>
5. Комплексные решения проблем энергосбережения на металлургических предприятиях / Ю.П. Журавлев, Г.В. Никифоров, Б.И. Заславец, В.К. Олейников // Главный энергетик. 2011. №3. С. 48–53.
6. Вышегородский Д. Энергопотребление и энергосбережение в российской металлургии // Уральский рынок металлов. 2005. №6, июнь.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

Попова А.П. – магистрант, Бакрунова Т.С. – к.т.н., доцент
ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

STUDY OF THE EFFICIENCY OF USE OF HEAT-POWER ENGINEERING'S INNOVATION TECHNOLOGIES

Popova A.P. (andryanna@bk.ru), Bakrunova T.S. (pt@samgtu.ru)

The aim of this work is to identify the optimal way for the study of the efficiency of use of innovative technologies in heat-power engineering.

Целью данной работы является выявление оптимального метода для анализа эффективности применения инновационных технологий в теплоэнергетике.

Ключевые слова: анализ, эффективность, инновационные технологии.

Величина энергопотребления в современном мире возрастает в геометрической прогрессии вследствие повышения качества условий комфортабельности, являющихся движущей силой прогресса во всех сферах жизнедеятельности человека. В кластере теплоэнергетики инновационные проекты в основном направлены на достижение высоких показателей энергоэффективности и ресурсосбережения.

Инновационные технологии – это технические, технологические и управленческие нововведения, имеющие высокую степень риска и высокий результирующий потенциал. Анализ эффективности их внедрения, как правило, использует методы, основанные на технократическом или экономическом подходах, или их комплекс. В РФ Приказом ОАО «РАО ЕЭС России» от 31.03.2008 г. № 155 с учётом заключения Главгосэкспертизы России утверждены «Методические рекомендации по оценке эффективности и разработке инвестиционных проектов и бизнес-планов в электроэнергетике», согласно которым нововведения должны соответствовать коммерческим, бюджетным и экономическим показателям эффективности [1].

Для реализации потенциала российской энергетики эксперты выделяют следующие области прикладных исследований:

- ✓ эффективная разведка и добыча ископаемых топлив;
- ✓ эффективное использование возобновляемых источников видов энергии;
- ✓ эффективная и экологически чистая теплоэнергетика;
- ✓ перспективная биоэнергетика;
- ✓ эффективное аккумулирование электрической и тепловой энергии;
- ✓ эффективная транспортировка топлива и энергии;
- ✓ моделирование перспективных энергетических технологий и систем;
- ✓ новые материалы и катализаторы для энергетики будущего;
- ✓ эффективное потребление энергии;
- ✓ разработка прогрессивной электронной компонентной базы для энергетики;
- ✓ интеллектуальные энергетические системы будущего;
- ✓ водородная энергетика;
- ✓ глубокая переработка органических топлив;
- ✓ безопасная атомная энергетика [2].

Инновации в вышеупомянутых областях могут быть весьма разнообразны, так что выделить единый показатель эффективности весьма затруднительно. Однако для оптимизации методов анализа эффективного применения инновационных технологий в теплоэнергетике каждое нововведение должно иметь, как минимум, два типа коэффициентов: первый, отражающий экономическую целесообразность реализации данного прогресса, второй, характеризующий энергетическое совершенство. Если экономический показатель эффективности возможно заключить в определённые стандарты, рассмотренные в методических рекомендациях, то энергетический является индивидуальной характеристикой инновационной технологии, отражающей её теплофизические свойства и назначение, что требует тщательного изучения каждой перспективной области энергоэффективности и ресурсосбережения.

Список литературы

1. Методические рекомендации по оценке эффективности и разработке инвестиционных проектов и бизнес-планов в электроэнергетике на стадии предТЭО и ТЭО (с типовыми примерами). Кн. 1: Методические особенности оценки эффективности проектов в электроэнергетике. М., 2008.

2. Прогноз научно-технологического развития России: 2030. Энергоэффективность и энергосбережение / под ред. Л.М. Гохберга, С.П. Филиппова. М.: Министерство образования и науки Российской Федерации; Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2014. 52 с.

УДК 681.5.017

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ УМНЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ
В ПРОЦЕССЕ РЕСТРУКТУРИЗАЦИИ ГЕНЕРИРУЮЩИХ
МОЩНОСТЕЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ**

Агапитов А.Е. – магистрант,
Михайловский В.Н. – руководитель, к.т.н.
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова»

**PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF SMART POWER SYSTEMS
IN THE PROCESS OF RESTRUCTURING THE GENERATING
CAPACITIES OF POWER INDUSTRIES
OF INDUSTRIAL ENTERPRISES**

Agapitov A.E. (artagapitov@gmail.com)

Одной из важнейших проблем, стоящих в настоящее время перед отраслями черной металлургии, является снижение удельных расходов исходных материалов и энергии на единицу производимой продукции за счет создания и интенсивного развития энерго- и ресурсосберегающих технологий.

Генерирующие энергетические мощности металлургических предприятий долгое время не реконструировались, и сейчас, на фоне их физического и морального износа, возникает необходимость в построении концепции их развития с учетом новых требований. Современной тенденцией является стремление полностью утилизировать образующиеся ВЭР, в частности доменный и коксовый газы, в структуре энергохозяйства предприятия. Анализ работы энергетических котлов ОАО «ММК», использующих эти газы, показал, что обычных систем автоматики, управляющих работой отдельных агрегатов, под-

держивающих, например для котла, паропроизводительность на заданном уровне, уже недостаточно (рис. 1).

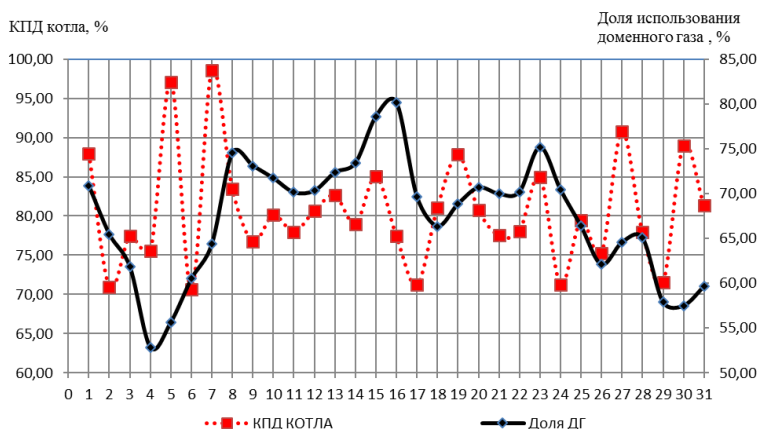


Рис. 1. Зависимость КПД котла №3 от использования доменного газа на ПВЭС ОАО ММК

На современных предприятиях, оснащенных средствами комплексной диагностики энергетических и технологических параметров, возникают новые задачи управления, исходя из глобальных задач повышения эффективности работы всего предприятия. Новым трендом является интегрирование малой электро- и теплоэнергетики в энергохозяйство предприятий, позволяющей более эффективно решать локальные задачи (рис. 2).



Рис. 2. Тенденции к развитию малой энергетики

При отсутствии развитой нормативно-технической документации малая генерация юридически приравнивается к мощным электрическим станциям, что приводит к возникновению проблем при технологическом присоединении генератора к электрической сети. Поэтому более просто решаются вопросы внутри промышленных компаний.

Импульсом к внедрению малой энергетики на металлургических предприятиях является снижение объемов документов для согласований и отсутствие необходимости для подключения к внешним сетям.

Современное производство характеризуется динамическими характеристиками, изменениями характеристик сырьевых материалов, объемов производства. В этих условиях выход ВЭР также характеризуется резкопеременными характеристиками – объемом выхода, калорийностью. Для управления такой системой необходимо использование GRID – идеологии построения, основанной на нейросетевых моделях и обучаемых системах.

Но толчком в развитии «умных» сетей стало масштабное применение возобновляемых источников энергии, которые характеризуются непостоянством выработки электроэнергии как по времени, так и по мощности. Все это вызывало дополнительные сложности в регулировании мощности и «перетоков» в электрической сети. Свой вклад внес и низкий потенциал повышения эффективности существующей технологической базы энергетики, которая практически исчерпала возможности повышения производительности оборудования.

Информационно-вычислительные системы, позволяющие решать технико-экономические задачи и делать поиск компромиссных решений для энергетических объектов, называются интеллектуальными SmartGrid системами. На многих тепловых электростанциях (ТЭС) промышленных предприятий установлено устаревшее оборудование, поэтому построение интеллектуальной системы является лишь надстройкой и из-за невозможности или дороговизны установки дополнительных датчиков получаемая исходная информация со станции оказывается неполной. Сейчас наиболее актуальной задачей для SmartGrid системы электростанции является построение математической модели её технико-экономической работы с целью планирования потребления и оптимизации расхода топлива, а также оперативного принятия решения по режимам работы энергооборудования в зависимости от решаемых локальных задач в условиях неполной исходной информации.

В энергосистеме промышленных предприятий накопились проблемы, которые необходимо решить в ближайшее время. Существенную роль при этом могут сыграть развитие малой электротеплоэнергетики и внедрение интеллектуальных SmartGrid систем.

Список литературы

1. Математическое обеспечение программного модуля GRID-системы оценки эффективности работы электростанций на металлургическом предприятии / Агапитов Е.Б., Михайловский В.Н., Агапитов А.Е., Каблукова М.С. // Электротехнические системы и комплексы. 2016. №4. С. 25-30.
2. Дорофеев В.В., Макаров А.А. Активно-адаптивная сеть – новое качество ЕЭС России // Энергоэксперт. 2009. №4. С.28-34
3. Агапитов А.Е., Агапитов Е.Б. К вопросу оценки риска окупаемости инвестиций в модернизацию теплоэлектростанций металлургического предприятия // Менеджмент XXI века: антикризисные стратегии и управление рисками: сб. научных статей, Санкт-Петербург, 24–26 ноября 2015 г. СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И.Герцена, 2015. С. 171-175.

УДК 621.746.27:662.614.2

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИВКИ СТАЛИ В МАШИНАХ НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ ЗАГОТОВОК

Калмыкова Н.С. – студент, Мурашова В.Н. – студент,
Демина Х.Н. – аспирант, Матвеев С.В. – ассистент, руководитель
ФБГОУ ВО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова»

THE ESTIMATION OF ENERGY EFFICIENCY OF STEEL SMELTING IN CONTINUOUS CASTING MACHINES

Kalmykova N.S. (kalmykvanatasha@rambler.ru), Murashova V.N.,
Dyomina H.N., Matveev S.V., Kartavtcev S.V.

In this work a thermal operation of continuous casting machine billet is considered. The assessment the effectiveness of using the heat of steel within the continuous casting machine to generate cold and electricity is carried out.

В работе рассмотрена тепловая работа машины непрерывного литья заготовок. Проведена оценка эффективности использо-

вания теплоты стали в пределах МНЛЗ для генерации холода и электроэнергии.

Ключевые слова: МНЛЗ, генерация электрической энергии, органический цикл Ренкина, производство холода, ЗВО, энергетическая эффективность.

Key words: continuous casting machine, electrical power generation, organic Rankine cycle, refrigeration, ZSC, energy efficiency.

В настоящее время Россия занимает 12 место в мире по энергоэффективности, несмотря на то, что в последние годы энергоёмкость российской экономики достаточно быстро уменьшилась [1].

Производство стали в мире постоянно растёт. Так, по данным всемирной ассоциации стали (WorldSteelAssociation) [2], производство стали в мире достигло 1,67 млрд т и имеет устойчивую тенденцию к увеличению. Для изготовления конструкционных материалов вся сталь проходит процессы охлаждения и формообразования в машинах непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) различных конструкций. Так, порядка 96 % производимой стали в настоящее время разливается на МНЛЗ [3].

Жидкая сталь подается из сталеразливочного ковша в МНЛЗ, с температурой примерно $t_m = 1550^\circ\text{C}$, охлаждается, приобретает необходимую форму, затвердевает и на выходе из МНЛЗ имеет среднюю температуру около $t_{\text{в.ст}} = 850^\circ\text{C}$ (см. рисунок). В процессе охлаждения отводится порядка 800 МДж/т тепловой энергии, из которых 16 % приходится на кристаллизатор, а остальная часть – на зону вторичного охлаждения [4]. Так, для отвода теплоты в пределах МНЛЗ потребляется из внешних сетей порядка 14 кВт·ч электроэнергии на каждую тонну разливаемой стали [5]. Отвод теплоты от разливаемой стали осуществляется технической водой и воздухом на температурном уровне, не превышающем 40°C в кристаллизаторе, и 100°C в ЗВО в виде паровоздушной смеси. Вся эта теплота в настоящее время практически полностью выбрасывается в окружающую среду на градирнях и в прудах-охладителях.

В работе была поставлена задача оценки эффективности использования теплоты разливаемой стали в пределах МНЛЗ.

$$Q_{\Sigma} = H_1 + H_9. \quad (4)$$

В данном случае $H_9 = 14 \text{ кВт} \cdot \text{ч/т} \cdot 3,6 \text{ МДж} = 50,4 \text{ МДж/т}$.

Результаты расчетов сведены в таблицу.

Показатели эффективности элементов МНЛЗ

Элемент МНЛЗ	Эффективность η , %
Кристаллизатор	9,14
ЗВО	48

Как видно из таблицы, наибольшая эффективность использования теплоты разливаемой стали может быть достигнута в ЗВО МНЛЗ, причем она только тогда будет эффективностью, когда использование теплоты разливаемой стали будет направлена по принципу технологической регенерации.

Так, при выборе направления использования отведенной теплоты необходимо, в первую очередь, учитывать собственные нужды МНЛЗ:

- электрическая энергия на привод механического оборудования и насосов для циркуляции охлаждающего теплоносителя;
- холод для охлаждения теплоносителя, подаваемого в МНЛЗ.

В ранних работах авторами [6] было рассмотрено направление использования теплоты стали ЗВО для генерации электроэнергии в ORC цикле. Так как отвод теплоты из ЗВО МНЛЗ осуществляется водопаровоздушной смесью, то в работе была рассмотрена только стекающая вода с температурой, близкой к температуре насыщения при атмосферном давлении (100 °С). По сообщению [7], количество стекающей воды составляет до 80 % от общей массы охлаждающей воды, но в связи с наличием у пара теплоты конденсации, количество теплоты, отведенной им, составляет порядка 50 % от всего количества теплоты, отведенной от ЗВО, несмотря на его количество. Таким образом, использование пара с ЗВО МНЛЗ по регенеративному направлению в виде электроэнергии или холода может повысить эффективность до 24%.

Итак, в данной работе была выполнена предварительная оценка повышения энергетической эффективности непрерывной разливки в МНЛЗ в виде использования пара ЗВО для генерации электроэнергии или холода.

Список литературы

1. Башмаков И.А. Потенциал энергосбережения в России // Энергосбережение. 2009. №1. С. 28-35.
2. <http://www.worldsteel.org/>
3. Динамическое управление температурным состоянием заготовок МНЛЗ / Батраева А.Е., Ишметьев Е.Н., Андреев С.М., Парсункин Б.Н., Салихов З.Г., Светлов А.Ю. // Изв. вузов. Черная металлургия. 2007. № 11. С. 20-25.
4. Ушаков В.Я. Повышение энергоэффективности экономики России: планы и действия. Томск: Изд-во ТПУ, 2009. С. 52–56.
5. Смирнов Н.А. О перспективных направлениях технологического развития металлургии // Электрометаллургия. 2011. №12.
6. Демин Ю.К. Генерация электрической энергии на тепловыделении от машины непрерывного литья заготовок / Ю.К. Демин, Н.С. Калмыкова, В.Н. Мурашова, С.В. Картавец // Материалы 16-й Всерос. науч.-практ. конф. «Энергетики и металлургии настоящему и будущему России». Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. С.114-116.
7. Водное хозяйство промышленных предприятий: в 2-х кн. Кн. 1 / Аксенов В.И., Ладыгичев М.Г., Ничкова И.И., Никулин В.А., Кляйн С.Э., Аксенов Е.В.; под ред. В.И. Аксенова. М.: Теплотехник, 2005. 640 с.

УДК 669.074

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМАХ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА

Симонов Т.В. – студент, Картавец С.В. – руководитель
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова»

ENERGY SAVING IN THE SYSTEM OF THE PRODUCTION OF HYDROGEN

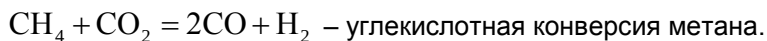
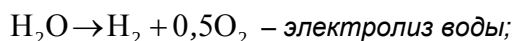
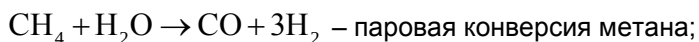
Simonov T.V. (malavit-1821@mail.ru)

The aim of the work is to improve the operation of hydrogen distribution system and lower energy cost for hydrogen production.

Задачей работы является улучшение работы системы водородной и снижение энергозатрат на производство водорода...

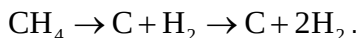
Водородная энергетика соответствует мировым тенденциям автономного и локального энергопотребления. Температура сгорания водорода чрезвычайно высока – 2800°C. Водород является великолепным восстановителем. Водород при соединении с кислородом имеет самое высокое содержание энергии на единицу массы – 120,7 ГДж/т. Поэтому кислородно-водородные горелки используют для сварки и резки металлов. В цветной металлургии восстановлением водородом получают особо чистые металлы из оксидов.

Известны следующие способы получения водорода [1]. Например, *цикл паровой конверсии метана и гидрирования оксидов углерода* по уравнению



Наибольшее внимание в настоящее время привлекает получение водорода электролизом воды.

Сравнительный анализ затрат энергии на указанные способы может быть неполным, так как в данном ряду отсутствует указание на термическое разложение метана [2,3].



В работе ставится задача определения удельных затрат энергии на получение водорода для определения наиболее энергоэффективных путей его производства.

Определим затраты энергии на образование одного кубометра водорода. Для этого найдем энтальпию (кДж/м³) каждого процесса. Полученные результаты разделим на молярный объем (V_m), равный 0,0224 моль/м³

$$\Delta H_f = \Delta H_{\text{CH}_4} + \Delta H_{\text{CO}_2} - \Delta H_{\text{2CO}} - \Delta H_{\text{2H}_2}.$$

Термохимические данные по теплоте образования соединений приняты по [4].

Результаты исследования энергетики процессов получения водорода представлены в таблице и на диаграмме.

Удельные затраты энергии на получение водорода различными способами

Химическая реакция	Энергетические затраты (кДж/м ³)
$\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$	11166
$\text{CH}_4 + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{CO} + 2\text{H}_2$	11039
$\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + 0,5\text{O}_2$	25520
$\text{CH}_4 \rightarrow \text{C} + 2\text{H}_2$	3340



Таким образом, из всех рассмотренных способов производства водорода наиболее экономичным по прямым затратам энергии является термическое разложение метана.

Паровая и углекислотная конверсии метана требуют достаточно дорогостоящих катализаторов (например, никелевых).

Электролиз воды требует наибольших затрат энергии, причем исключительно в форме электроэнергии. Только гидроэнергия может в какой-то мере отвечать потребностям такого бесплодного производства электроэнергии.

Топливные же источники по большей части имеют энергетическую эффективность не выше 40% в паросиловом цикле и до

60% в пределе в парогазовом цикле. То есть указанные в таблице расходы энергии фактически должны быть удвоены.

Термическое же разложение метана не требует катализаторов и электроэнергии.

При электролизе воды, кроме водорода, образуется еще один продукт – кислород, что в какой-то мере смягчает большие затраты электроэнергии.

При термическом разложении метана также образуется второй продукт – углерод, отличающийся высокой чистотой. В настоящее время он широко применяется в производстве технической резины, которое обеспечивает, в том числе, автотранспорт пневматическими шинами.

В данном сравнительном анализе важно заметить, что и водород и углерод являются прекрасными восстановителями процессах металлургии [2, 3]. Особенно перспективно применение как углерода, так и сажеводородной смеси в новых жидкофазных процессах черной металлургии [2, 3].

Таким образом, термическое разложение метана (природного газа) представляется одним из наиболее энергоэффективных способов получения водорода для нужд энергетики и металлургии.

Список литературы

1. Радченко Р.В., Мокрушин А.С., Тюльпа В.В. Водород в энергетике : учеб. пособие. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. 229 с.
2. Картавцев С.В. Природный газ в восстановительной плавке. СВС и ЭХА: монография. Магнитогорск: МГТУ, 2000. 188 с.
3. Картавцев С.В. Интенсивное энергосбережение и технический прогресс черной металлургии: монография. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2008. 311 с.
4. Вегман Е.Ф. Краткий справочник доменщика. М.: Металлургия, 1981. 240 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В РОССИИ

Калашникова К.Н., Ушакова А.А. – студенты,
Дорофеев В.Н. – руководитель, доц.
Владимирский государственный университет
имени А.Г. и Н.Г. Столетовых

PROSPECTS OF APPLICATION RESUME-UPDATED ENERGY RESOURCES IN RUSSIA

Ushakova A.A. (uanna2977@gmail.com)
Kalashnikov K.N. (kseniy.kalaschnikova@yandex.ru)

The aim of the work is to examine the prospects for the use of renewable energy resources in Russia.

Целью работы является изучение перспектив использования возобновляемых источников энергии в России.

Ключевые слова: энергия, энергосбережение, энергетика, возобновляемые энергетические ресурсы.

Для осуществления политики энергосбережения в России экономически важное значение имеет рациональное использование топливно-энергетических ресурсов, под которыми подразумевают природные топливные ресурсы, природные энергетические ресурсы, продукты переработки топлива, горючие (топливные) побочные энергетические ресурсы, электроэнергию, сжатый воздух и доменное дутье, тепловую энергию (пар и горячую воду).

Применяя терминологию законодательных документов, энергетические ресурсы можно подразделять на: первичные возобновляемые, невозобновляемые и вторичные (побочные).

Обычно при использовании ресурсов возможен выбор одного ресурса из нескольких возможных – например, применять торф, газ или мазут в котельных. При этом выбор конкретного ресурса из числа возможных определяется не только спецификой производства, но и экономическим положением региона, обеспеченностью его тем или иным видом ресурсов и некоторыми другими факторами.

Можно сделать вывод о том, что рациональное использование энергетических ресурсов на предприятии является важной составляющей снижения производственных издержек, следовательно, получения дополнительной прибыли и решения социальных проблем на основе:

- реализации оптимальных режимов ввода основных средств в эксплуатацию;
- использования наиболее рентабельных производственных технологий;
- разработки, освоения и внедрения новой техники и технологий с более эффективным использованием энергетических ресурсов;
- улучшения социально-бытовой сферы и социального климата населения.

Таким образом, основными направлениями экономии энергоресурсов являются: совершенствование технологических процессов, совершенствование оборудования, снижение прямых потерь топливно-энергетических ресурсов, структурные изменения в технологии производства, структурные изменения в производимой продукции, улучшение качества топлива и энергии, организационно-технические мероприятия. Проведение этих мероприятий вызывается не только необходимостью экономии энергетических ресурсов, но и важностью учета вопросов охраны окружающей среды или решении энергетических проблем.

К возобновляемым источникам энергии относятся: солнечная и геотермальная энергия, приливная, атомная, энергия ветра и энергия волн. В отличие от ископаемых топлив эти формы энергии не обусловлены геологически накопленными запасами, что не приведет к неизбежному исчерпанию запасов.

Все новые схемы преобразования энергии можно объединить единым термином «экоэнергетика», под которым подразумеваются любые методы получения чистой энергии, не вызывающие загрязнения окружающей среды.

Известно, что ископаемые топлива – это аккумулированная с помощью фотосинтеза солнечная энергия. Теплота сгорания их, называемых теплоносителями, составляет: сухой древесины около 2000 кДж/кг, бурого угля примерно 13000 кДж/кг, антрацита 25000 кДж/кг, нефти и нефтепродуктов 42000 кДж/кг, а природного газа 45000 кДж/кг. Самой высокой теплотой сгорания обладает водород – 120000 кДж/кг.

Энергию можно получить при сгорании 1 кг угля или 1 кг нефти, которые называются энергоносителями. Законы физики

утверждают: та работа, которую можно получить в реальных машинах и использовать на наши нужды, будет всегда меньше энергии, заключенной в энергоносителе. Энергия – это, по сути дела, энергетический потенциал (или просто потенциал), а работа – это та часть потенциала, которая дает полезный эффект.

В хозяйственной деятельности человека важное значение имеет сокращение использования органического топлива и переход на альтернативные возобновляемые источники энергии, к которым относят: энергию ветра, гидроэнергию, геотермальную энергию, горячие системы вулканического происхождения. Они не приводят к загрязнению уже сильно поврежденной биосферы.

Геотермальная энергия

Энергетика земли – геотермальная энергетика базируется на использовании природной теплоты Земли. Ресурсы, пригодные для промышленного использования, представляют собой отдельные месторождения геотермальной энергии, сконцентрированной на доступной для разработки глубине, имеющие определенные объемы и температуру, достаточные для использования их в целях производства электрической энергии или теплоты. Потребление энергии – важный показатель жизненного уровня.

В будущем при интенсивном развитии энергетики возникнут рассредоточенные источники энергии не слишком большой мощности, но зато с высоким КПД, экологически чистые, удобные в обращении. Например, быстрый старт электрохимической энергетики, которую позднее, видимо, дополнит энергетика солнечная. Энергетика очень быстро аккумулирует, вбирает в себя все самые новейшие идеи, изобретения, достижения науки. Поэтому энергохимия, водородная энергетика, космические электростанции, энергия, заключенная в антивеществе, кварках, «черных дырах», вакууме являются перспективными видами энергетики.

Внедрение высокоэффективных источников энергетики является универсальным методом энергосбережения.

Существуют три способа снижения потребления энергии:

- исключение нерационального использования энергоресурсов;
- устранение потерь энергоресурсов;
- повышение эффективности использования энергоресурсов.

В заключение можно сделать вывод, что альтернативные формы использования энергии неисчерпаемы при условии, что нужно разработать для этого технически эффективные и экономичные методы.

Список литературы

1. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Основы экоразвития: учеб. пособие. М.: Изд-во Российской экономической академии им. Г.В. Плеханова, 1994.
2. Голуб А. А., Струкова Е. Б. Экономические методы управления природопользованием. М.: Наука, 1993.

УДК 697.239

ВЛИЯНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА ИНЖЕНЕРНУЮ ИНФРАСТРУКТУРУ ГОРОДА

Шевченко В.А. – студентка, Слонич К.А. – магистр,
Дорофеев В.Н. – руководитель
Владимирский государственный университет
имени А.Г. и Н.Г. Столетовых

INFLUENCE OF ENERGY SAVING ON THE ENGINEERING SYSTEM OF THE CITY

Shevchenko V.A. (vikkihihi18@gmail.com)

The aim of this work is to consider examples of organization of the engineering infrastructure of the city and its impact on energy saving.

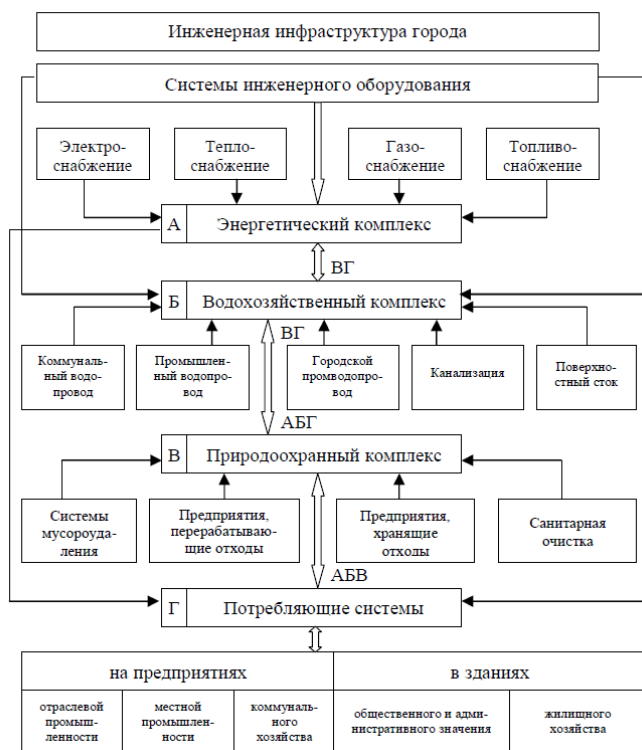
Целью данной работы является рассмотрение примеров организации инженерной инфраструктуры города и влияние на нее энергосбережения.

Ключевые слова: энергосбережение, инфраструктура города, теплоснабжение.

Актуальной проблемой современного общества является повышение материального и культурного уровня жизни, улучшение условий жизни и труда. Существенная роль в решении этой задачи принадлежит инженерному обеспечению территории, определяющему санитарно-гигиенические условия проживания в городах, сохранение окружающей среды, условий эффективности труда и производства путем подачи воды, энергии потребителям территории, топливно-промышленным объектам.

Инженерная инфраструктура представляет собой межотраслевой региональный комплекс по производству инженерной продукции и ее транспортированию потребителям (см. рисунок) [1].

В этом комплексе системы инженерного оборудования сгруппированы по признаку однородности производственного процесса в водохозяйственном, природоохранном и энергетическом комплексе. Энергетический комплекс включает системы электро-снабжения, теплоснабжения, газоснабжения, топливоснабжения. Водохозяйственный комплекс состоит из системы водоснабжения питьевой водой, промышленных водопроводов, систем водоотведения хозяйственно-бытовых сточных и поверхностных вод, а также промышленной канализации. Природоохранный комплекс включает предприятия, осуществляющие мусороудаление и переработку городских отходов.



Принципиальная схема внутренних связей городской инженерной инфраструктуры

Высокая эффективность развития инженерной инфраструктуры достигается при сбалансированности развития всех функционально-отраслевых систем инженерного оборудования между собой. Развитие водохозяйственного комплекса должно в таких случаях достигаться в результате комплексного решения вопросов потребления воды, водоподготовки, водообеспечения, отвода, очистки, выпуска и использования стоков, а также использования водоемов для рекреации применительно ко всем потребителям города, а единство системы энергоснабжения города должно обеспечиваться кроме функциональной взаимосвязи комплексным взаимоувязанным решением вопросов тепло-, электро-, топливо-, водоснабжения с учетом дислокации источников энергоснабжения, линий электропередач, тепло- и газопроводов, требований к охране воздушного и водного бассейнов, обеспеченности водными и топливными ресурсами.

Более того, должна быть обеспечена взаимоувязка между элементами и параметрами каждой системы, мощностью системы и производительностью источников или очистных сооружений, а также пропускной способностью сетей и соответствующими потребностями потребителей. Работа должна быть ориентирована на минимум потребления ресурсов с учетом минимизации хозяйственных затрат.

Результаты научно-технического прогресса: появление новых видов инженерных экологически чистых услуг являются основной качественных изменений в структуре инженерных инфраструктур. Такие виды инженерных услуг большей частью обеспечивают снижение удельных эксплуатационных затрат на единицу выработки инженерных услуг, повышение надежности, возможность регулирования режима работы систем, что, соответственно, сокращает потребление ресурсов.

Основные принципы инженерной инфраструктуры города, включающие все важные звенья энергоснабжения, сформированы в условиях советской централизованной экономики (как экономической системы до 1990 г.) с целью обеспечения объектов требуемым количеством ТЭР, в том числе включая аспекты энергосбережения (экономии ресурсов) и исключения от хозяйственной деятельности человека вредного воздействия на окружающую среду. С переходом к рыночной экономике (после 1995 г.) в развитии городской инфраструктуры появилось много передаточных звеньев во взаимодействии структур разных уровней и направлений деятельности, в том числе передаче энергоресурсов (газа, тепла, воды, электрической энергии от источника до потребителя), и важное значение имеет слаженность их действий, чтобы не мешать друг другу и обеспечить конечных потребителей ресурсами требуемого

качества (и в потребном без расточительства количестве) в соответствии с нормативными документами.

В условиях рыночной экономики в российской системе теплоснабжения происходит переход от централизации (с высокоэффективным принципом комбинированной выработки тепловой и электрической энергии на ТЭЦ) к децентрализации (с активным использованием индивидуальной генерации от автономных источников теплоты). В результате данного процесса доля комбинированной выработки энергии в системе ЦТС упала в 2 раза и в настоящее время загрузка ТЭЦ, при их эффективной работе, в среднем по стране не превышает 30-40% от установленной мощности, тогда как число малых котельных (с менее эффективной работой) выросла на 20% [3].

По официальным данным и экспертным оценкам современная (и мощная по масштабам выработки энергии) система ЦТС ухудшает свое состояние и теряет значимость, требует больших средств на поддержание ее надёжности и работоспособности. Для частных компаний, работающих в сфере теплоснабжения, бизнес по восстановлению систем убыточен. Эта отрасль характеризуется как инвестиционно непривлекательная, хотя в ней потенциал энергосбережения составляет более 40 % (по некоторым информационным данным).

Плохое состояние систем теплоснабжения в стране (с огромными потерями тепловой энергии и изношенным оборудованием) требует внимания к данной проблеме, касающейся ЖКХ (как потребителя тепловой энергии), со стороны федеральных и региональных уровней власти. В Минэнерго РФ для эффективного проведения комплексного реформирования отрасли теплоснабжения предложен ряд мер по повышению эффективности и стимулированию притока инвестиций. В качестве основных решений принято для рассмотрения (и внедрения) проведение либерализации рыночной модели финансирования проектов энергосбережения и повышения энергетической эффективности (с выбором схемы по той или иной модели: лизинг, факторинг, энергосервис, прямые связи сторон).

Либерализация рыночной модели финансирования проектов энергосбережения предполагает назначение единой теплоснабжающей организации (а в ряде сообщений говорится о единой энергоснабжающей структуре), ответственной за распределение тепловой энергии (или одновременно газа, тепла, воды, электроэнергии), и наделение ее ответственностью за качество и надежность теплоснабжения (или энергоснабжения), а также изменение подхода к ценообразованию (с переходом на долгосрочное регулирование) [2]. Результатом станет приток инвестиций в отрасль (с огромным потенциалом энергосбережения и повышения экономической мотива-

ции оптимизации затрат. Упор на долгосрочное развитие (реформирование) теплоснабжения (хотя и со стимулированием проведения системы мероприятий по энергосбережению) уводит общество в сторону от обеспечения качественного теплоснабжения, и конечные потребители энергии вряд ли останутся довольны ситуацией (при произволе в составлении тарифов на энергоресурсы). В [2] затронут вопрос о переходе технологически связанной системы теплоснабжения от разделения ее на 3 зоны деятельности (с эксплуатацией неэффективных котельных, субсидируемых из городского бюджета) на одну общую зону (с замещением котельных – вывод из эксплуатации или в резерв). При регулировании тарифов необходимо отойти от нормирования по частям (на выработку, передачу, на потери, на расход топлива), а следует установить предельную цену (конечный тариф) оплаты услуг.

Для улучшения качества теплоснабжения и повышения его эффективности, при выполнении соответствующих инвестиционных программ, важное значение имеет наличие долгосрочных отношений между участниками всей системы теплоснабжения, эффективная загрузка существующих источников тепла (с избавлением от неэффективных), снижение влияния чиновников, наличие долгосрочного тарифа (без ежегодного его пересмотра), быстрое внедрение изменений в регулирование системы (без растягивания на многие годы).

В настоящее время (на период 2016-2017гг.) продолжены законодательные действия и организационно-технические работы по реформированию системы теплоснабжения России, состояние которой уже в 2001 г. было охарактеризовано как критическое, близкое к национальному бедствию (с возможностью необратимого процесса в восстановлении работоспособности системы) [3]. Среди множества задач, решение которых может дать наиболее быстрые положительные результаты, надо выделить повышение эффективности системы управления ТС и ТП, совершенствование тарифов и других экономических механизмов системы, мобилизацию резервов энергосбережения на всем пути от источника до потребителя. Мероприятия этого характера должны рассматриваться как чрезвычайные, направленные на экстренное преодоление кризисных явлений в теплоснабжающем комплексе. И в первую очередь следует влиять на решение вопросов в области управления [3].

Список литературы

1. Симонова А.А. Экономика систем инженерного оборудования: учеб. пособие для вузов. М.:Стройиздат,1990. 344 с.

2. Макаров В.Н. Финансирование и реализация проектов энерго-снабжения в рамках реформирования отрасли теплоснабжения // Энергосбережение. 2016. №8. С. 48-51.
3. Повышение энергоэффективности российской системы тепло-снабжения / Реутов Б., Наумов А. Семенов В. и др. // Энергети-ческая эффективность. 2001. №31. С. 2-7.

УДК 669.074

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

Бекшаев А.А. – студент, Бакрунова Т.С. – руководитель
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г. И. Носова»

IMPROVING THE EFFICIENCY OF PRODUCTION AND DISTRIBUTION OF ENERGY

Bekshaev A.A. (albek.bekshaev@yandex.ru)

В данной статье рассмотрено применение газа, с помощью которого можно будет заменить газ, уголь и нефть в будущем.

In this paper we consider the use of gas with which it will be possible to replace gas, coal and oil in the future.

В наше время с каждым днём расходуется большое количество энергетических ресурсов. Правильное распределение энерго-ресурсов является важной задачей для производства и экономики нашей страны. Ниже приведены запасы основных ресурсов¹.

Вид горючего	Геологические		Извлекаемые	
	млрд. т у.т.	%	млрд. т у.т.	%
Уголь	11 300	87,4	2 900	76
Нефть	750	5,8	380	9,7
Газ природный	630	4,9	520	13,3
Прочие	230	≈1,9	30	≈1,0
Всего	12 800	100	3 800	100

© Бекшаев А.А., Бакрунова Т.С., 2017

¹ Андрижиевский А.А. Энергосбережение и энергетический менеджмент: учебник. Минск: БГТУ, 2003. 113 с.

Одна из характерных черт современного этапа прогресса – возрастающий спрос на все виды энергии. Важным топливно-энергетическим ресурсом является природный газ. Затраты на его добычу и транспортировку ниже, чем на уголь. Являясь хорошим топливом, газ отличается также большой отдачей тепла в разных установках. Газ применяется в газовых котлах, печах, требующих точного регулирования температуры; он мало дает отходов и дыма, загрязняющих воздух.

Экономия топливно-энергетических ресурсов в наше время становится важным направлением перевода экономики на путь развития и рационального природопользования. Однако имеются значительные возможности экономии топливно-энергетических ресурсов при использовании энергетических ресурсов. В наше время почти вся электрическая энергия в нашей стране производится с помощью ТЭС, ГЭС, АЭС. Поэтому на повестку дня все чаще ставится вопрос о применении нетрадиционных источников энергии.

На ТЭС при выработке электроэнергии полезно используется лишь 30–40% тепловой энергии, остальная часть рассеивается в окружающей среде с дымовыми газами. Немаловажное значение в экономии топливно-энергетических ресурсов играет понижение удельного расхода топлива на производство электрической энергии.

Для экономии газа, угля, нефти можно и нужно больше применять попутные газы и нетрадиционные возобновляемые источники. Преимущество такого энергоресурса в том, что станции, которые работают с помощью возобновляемых источников, не ограничены в своих энергетических возможностях, наносят меньший экологический вред окружающей среде по сравнению с ТЭЦ, АЭС, ГЭС. Так же полученное тепло в результате работы станций, работающих на возобновляемых источниках энергии, можно накапливать в тепловом аккумуляторе энергии. Попутные газы нашли применения в ГТУ.

Таким образом, основными направлениями экономии энергоресурсов являются: совершенствование технологических процессов, оборудования, снижение прямых потерь топливно-энергетических ресурсов, переход на возобновляемые источники энергии.

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ И СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ РОССИИ

Чугуров В.В. – студент, Краснова Н.П. – старший преподаватель
ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

COMPLEX USING OF THERMAL PUMPS AND SOLAR COLLECTORS ON INDUSTRIAL ENTERPRISES OF RUSSIA

Chugurov V.V. (Vadim.chugurov@yandex.ru), Krasnova N.P.

The article describes the combined using of thermal pumps and solar collectors on industrial enterprises that are unable to connect to centralized heat supply. Schematically presented one of the versions for the operation of such a system, outlined the technological process of generating thermal energy, as well as the advantages of its use.

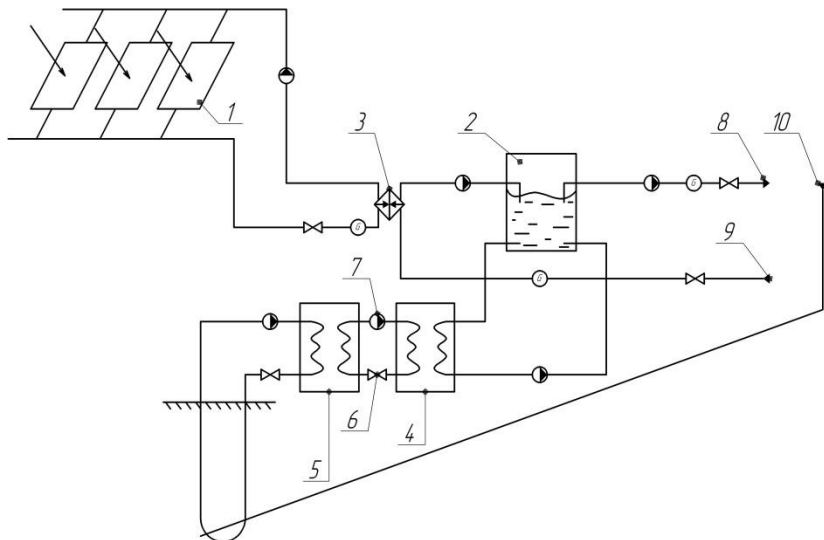
Статья описывает комбинированное использование тепловых насосов и солнечных коллекторов на промышленных предприятиях, лишенных возможности подключения к централизованному теплоснабжению. Схематично представлен один из вариантов функционирования такой системы, изложен технологический процесс выработки тепловой энергии, а также преимущества её применения.

Ключевые слова: тепловой насос, солнечный коллектор, возобновляемые источники энергии.

В настоящее время в мире широко развивается применение альтернативных тепловых источников, таких как солнечные коллекторы, тепловые насосы, ветрогенераторы, геотермальные источники тепла. Но в России переход на такие виды получения тепловой энергии происходит не так быстро, как во многих зарубежных странах. Причиной этому является долгая окупаемость, большая сумма капиталовложений на старте проекта, а также отсутствие государственной поддержки в виде субсидий. В то же время в России существует немало населенных пунктов, где отсутствуют коммуникации, а их подведение экономически нецелесообразно. Тогда альтернативные источники тепловой энергии весьма актуальны. Сроки их

окупаемости в таких условиях, особенно в масштабах промышленного производства, вполне приемлемы, а дальнейшее обслуживание не приносит больших денежных затрат [1, 2].

Но использование одного вида возобновляемой энергии зачастую может оказаться недостаточным в зависимости от климатических условий и масштабов предприятия. Поэтому рассмотрим комбинированное применение возобновляемых источников энергии на примере тепловой насосной установки в сочетании с солнечным коллектором (см. рисунок).



Комбинированная схема выработки тепловой энергии:

- 1 – солнечный коллектор; 2 – бак-аккумулятор; 3 – теплообменник;
4 – конденсатор; 5 – испаритель; 6 – дроссель; 7 – компрессор;
8 – ГВС; 9 – ХВС; 10 – сточные воды

Тепловой насос может использовать в качестве низкопотенциального источника тепла сточные воды, уходящие воздушные или газовые выбросы промышленного предприятия [3]. Использование теплоты стоков и воздушных выбросов обходится значительно дешевле, чем других систем отбора низкопотенциального тепла для теплового насоса. Наиболее эффективно проложить контур теплового насоса вблизи сточных вод с предприятия.

Солнечный коллектор при ясной погоде быстро нагревает воду в баке-аккумуляторе, вследствие чего нагрузка на коллектор снижается, и возникает высокая вероятность вскипания теплоносителя. В период недогрузки накопленная в баке горячая вода бу-

дет уходить в сток и повышать тепловой потенциал грунта, вблизи которого проложен контур теплового насоса. Если объект находится в северных районах, следует сделать выбор в пользу низкотемпературных солнечных коллекторов, которые даже в сильный мороз способны обеспечить нагрев теплоносителя, а затем и воды до нужных потребителю температур. Также для таких районов необходимо применять теплоноситель с широким диапазоном рабочих температур, чтобы избежать его замерзания [4].

Комбинированное использование двух систем позволяет сократить часы работы теплового насоса, тем самым сохранить ресурс и уменьшить затраты на его эксплуатацию. Правильный режим работы системы обеспечивает датчик, отключающий тепловой насос, если солнечный коллектор позволяет полностью обеспечить нужды объекта, включающий его, если тепловой мощности солнечного коллектора не хватает для нужд предприятия, а также в период недогрузки сбрасывающий горячую воду из бака-аккумулятора к контуру теплового насоса для повышения потенциала источника и обеспечения правильного режима работы солнечного коллектора.

Для контроля производительности системы в неё входят расходомеры, датчики температуры и давления рабочей среды.

Такую установку можно использовать на промышленных предприятиях в любой климатической зоне нашей страны с учетом некоторых изменений, касающихся рабочего тела солнечного коллектора. Предпочтительно внедрять такую систему на предприятия, где в больших объёмах расходуется горячая вода, например на промывку оборудования. Сочетание теплового насоса и солнечного коллектора позволяет избавиться от необходимости устанавливать резервный котёл, требующий дорогостоящего подведения коммуникаций и больших временных затрат на его обслуживание, нежели в рассмотренной комбинированной системе, которую необходимо подключить лишь раз, так как в дальнейшем основное управление осуществляется автоматикой. Ресурс таких систем в среднем достигает 20-25 лет, после которых может потребоваться плановый ремонт. Таким образом, промышленное предприятие, применяющее эту систему, будет экономить на подключении к централизованным источникам теплоснабжения, на ежемесячной оплате за их использование, а также за счет работы теплового насоса только в период, когда мощности солнечного коллектора недостаточно.

Список литературы

1. Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В. Солнечная энергетика. М.: МЭИ, 2008. 317с.
2. Елистратов В.В. Использование возобновляемой энергии. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. 224 с.
3. Хрустачев Л.В., Васильев Г.П., Розин А.Г. Руководство по применению тепловых насосов с использованием вторичных энергетических ресурсов и нетрадиционных возобновляемых источников энергии / Правительство Москвы, Москомархитектура, ГУП «НИАЦ». М., 2001.
4. Мак-Вейг Д. Применение солнечной энергии. М.: Энергоиздат, 1981. 216 с.

УДК 621.311

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Коростелев М.С. – студент, Бакрунова Т.С. – к.т.н., доцент
ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

WAYS OF INCREASE ENERGY EFFICIENCY IN THE TRANSPORTATION OF THERMAL ENERGY

Korostelyov M.S. (max-teno@yandex.ru), Bakrunova T.S.

The aim of the work is to choice of optimal variants of energy saving measures for increase energy efficiency of thermal systems.

Задачей работы является выбор оптимальных вариантов энергосберегающих мероприятий для повышения энергоэффективности тепловых сетей.

Ключевые слова: энергосбережение, энергоэффективность, тепловая энергия, энергоносители.

Для того чтобы оценить правильность и эффективность поставки тепла, нужно рассчитать КПД участка трубопровода, состоящего из двух элементов:

- КПД сетевых насосов;
- потери тепловой энергии по длине теплотрасс.

При рассмотрении данной проблемы первое, на что должны обратить внимания проектные организации и владельцы предприятий по доставке тепловой энергии, – это изоляция. Как известно из курса термодинамики, потери будут большими как при недостаточном слое изоляции, так и при его превышении, так называемый критический диаметр изоляции.

Поэтому при проектировании нужно учитывать, какой материал используется и какова его толщина. Можно выделить несколько решений, которые позволят сэкономить тепловую энергию. Так, к примеру, можно использовать минеральную вату на небольших объектах, так как цена её высока, но при этом материал имеет хорошие тепловые характеристики, а также простоту в установке.

Относительно новым решением является использование пеноизола и пенофола с фольгированной основой. Преимущество первого является отсутствие крепежных элементов для фиксации материала, так как это вещество распределяется на поверхности труб с помощью распылителя, при этом обретает достаточно прочную форму, тем самым полностью захватив трубопроводы. Второй изоляционный материал, помимо хороших тепловых свойств способен как сохранить тепло сетей, так и обогревать пространство, ведь фольга отражает тепло и впитывает влагу.

Поэтому выбор изоляции является важным пунктом повышения энергоэффективности тепловых сетей. Однако на данный момент до 50-60% предприятий не уделяют этому внимания, на некоторых и вовсе изоляция отсутствует, или местами уже истек срок ее службы.

Основной проблемой повреждения трубопроводов является коррозия металла. Как ее можно снизить? Для этого можно снизить скорость коррозии за счет повышения pH воды до 9,5–9,8. Но здесь стоит другая проблема: по нормативным документам начала 1990-х годов были установлены нормы pH: 8,3–9,0 для открытых систем и 8,3–9,5 для закрытых. Тем самым увеличение этого показателя является нарушением установленных норм. Но это мероприятие способно снизить процент основных разрушений труб от коррозий с 30 до 15–20 % [1].

В нашей стране производят достаточно мощные сетевые насосы. Но основным их недостатком является низкий КПД. При этом заметно, чем выше мощность установки и меньше коэффициент полезной мощности, тем выше непроизводительные расходы электроэнергии. Поэтому правильным решением станет ис-

пользование насосов зарубежных изготовителей. Они имеют КПД в 2-3 раза выше по сравнению с отечественными аналогами. Такие насосы обладают высокой надежностью и качеством работы.

В дополнение к сказанному, необходимо использовать частотные преобразователи для автоматического регулирования производительности насосных станций. Достигается это путем изменения частоты вращения агрегатов, а также автоматизация систем управления и защиты насосных станций с применением микропроцессорной техники. Сокращение электроэнергии от использования данной системы составит 30–35 %.

Помимо этого, если вода подогревается на удалении от объекта потребления, то трубопроводы трасс ГВС должны быть выполнены по циркуляционной схеме, так как использование тупиковой схемы приводит к утрате около 35–45 % тепловой энергии [2]. Соответственно можно снизить потери ГВС путем производства горячей воды прямо в теплопунктах зданий посредством установки пластинчатых теплообменников, обладающих рядом преимуществ по сравнению с классическими кожухотрубными:

- компактность (в 4-8 раз меньше по габаритным размерам);
- высокий коэффициент теплопередачи (в 3 раза больше);
- пластины теплообменника удобны для обслуживания, чистки и ремонта.

Таким образом, выполнение данных мероприятий позволит поставлять тепловую энергию по трубопроводам с наименьшими потерями.

Список литературы

1. Данилов О.Л. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнике: учебник для вузов. М.: Издательский дом МЭИ, 2010. 424 с.
2. Варфоломеев Ю.М., Кокорин О.Я. Отопление и тепловые сети. М.: ИНФРА-М, 2006. 480 с.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Зыкин И.Ю. – студент, Демиденко Л.Л. – руководитель
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова»

ALTERNATIVE HEAT POWER ENGINEERING

Zykin I.Y. (itanatsev@mail.ru),
Demidenko L.L. (demidenkoludmila@gmail.com)

In article alternative energy sources are considered: solar energy, chemical sources of current, bioenergetics, wind generators, geothermal energy sources and tidal energy.

Keywords: alternative energy sources, solar energy, chemical sources of current, bioenergetics, wind generators, geothermal energy sources, tidal energy.

Ключевые слова: альтернативные источники энергии, солнечная энергия, химические источники тока, биоэнергетика, ветрогенераторы, геотермальные источники энергии, энергия приливов.

К альтернативным источникам энергии относятся нетрадиционные возобновляемые источники энергии (ВИЭ): геотермальная энергия, энергия ветра, энергия биомассы, водородная, индивидуальная мобильная энергетика.

Солнечная генерация считается одним из самых перспективных направлений в развитии ВИЭ. На сегодняшний день, для того чтобы обеспечить человечество солнечной энергией, хватит 0,0125% солнечного излучения; чтобы удовлетворить запросы потребителей в будущем — достаточно 0,5%. Расчет мощности солнечных панелей определяется по формуле

$$P_{\text{сп}} = \frac{E_{\text{п}} k P_{\text{инс}}}{E_{\text{инс}}},$$

где $P_{\text{сп}}$ – мощность солнечных панелей, Вт; $E_{\text{п}}$ – потребляемая энергия, Втч. в сутки; $E_{\text{инс}}$ – среднемесячная инсоляция кВтч/м²/день;

$P_{\text{инс}}$ – мощность инсоляции на земной поверхности на одном квадратном метре (1000 Вт/м^2); k – коэффициент потерь на заряд-разряд аккумуляторов, преобразование постоянного напряжения в переменное, принимают равным 1,2-1,4.

Расчёт вырабатываемой энергии солнечными батареями

$$E_{\text{в}} = \frac{E_{\text{инс}} P_{\text{сп}}}{P_{\text{инс}} k},$$

где $E_{\text{в}}$ – вырабатываемая энергия солнечными панелями, Втч в сутки; k – коэффициент потерь на заряд (1- 2).

Геотермальная энергия использует глубинную энергию Земли. Наиболее широкое применение геотермальная энергия получила в целях санаторно-курортного лечения, отопления домов и теплиц. Ее преимуществами являются дешевизна, возобновляемость, экономия топливных ресурсов, экологическая чистота.

Метод оценки геотермальных ресурсов:

$$H_0 = [(1-P)\rho_w c_m + P\rho_m c_w] \cdot [T_t - T_0 A \Delta z],$$

где ρ_m, ρ_w – плотность матрицы горной породы и воды, кг/м^3 ; c_m, c_w – удельная теплоемкость матрицы горной породы и воды соответственно, $\text{Дж/(кг}\cdot\text{К)}$; P – эффективная пористость, безразмерная величина; T_t – температура на кровле водоносного горизонта, $^{\circ}\text{C}$; T_0 – температура на земной поверхности, $^{\circ}\text{C}$; A – рассматриваемая площадь земной поверхности, м^2 ; Δz – эффективная мощность водоносного горизонта, м; H_0 – тепло, содержащееся в породах на месте их залегания, и подразумевает объемную модель его извлечения.

Ветер также относят к ВИЭ, его использование не загрязняет атмосферу, гидросферу и почву. В мире сейчас работает более 30 тыс. ветроустановок разной мощности. Общие запасы энергии ветра в мире оценены в 170 трлн кВт·ч, или 170 тыс. ТВт·ч в год, что в восемь раз превышает нынешнее мировое потребление электроэнергии. Для нормальной работы ВЭС требуется скорость ветра 4–5 м/с, а наибольшей эффективности установки достигают

при ветре в 6–9 м/с. Размещать ВЭС выгодно и удобно в областях гор и пустынь. Расчёт мощности ветрового генератора осуществляется по формуле:

$$P = \xi \pi R^2 0,5 V^3 \rho \eta_{\text{ред}} \eta_{\text{ген}},$$

где ξ – коэффициент использования энергии ветра (в номинальном режиме для быстроходных ветряков достигает максимума $\xi_{\text{max}} = 0,4 \div 0,5$); R – радиус ротора, м; V – скорость воздушного потока, м/с; ρ – плотность воздуха, кг/м³; $\eta_{\text{ред}}$ – КПД редуктора, %; $\eta_{\text{ген}}$ – КПД генератора, %.

Индивидуальная мобильная энергетика основана в большинстве на традиционных первичных и вторичных химических источниках тока (ХИТ). Уже сейчас потребляемая мощность от ХИТ превосходит электрическую мощность, вырабатываемую всеми стационарными электростанциями. На рисунке представлена классификация ХИТ.



Классификация химических источников тока

В последнее время к традиционным гальваническим элементам и аккумуляторам присоединяются химические источники тока – топливные элементы, не имеющие такой характеристики, как электрическая емкость (А/ч), циклов заряд/разряд как аккумуляторы и независящие, как последние от централизованной сети для подзарядки. Наиболее целесообразно для легких, длительно работающих источников тока, не запасать химическую энергию топлива в активных электродных веществах устройства, а запасть непосредственно энергоноситель в виде исходного топлива. Впоследствии прямым способом преобразовывать в электриче-

скую энергию в топливных элементах. При этом наиболее выгодно преобразование вести в твердооксидных топливных элементах.

Россия ежегодно накапливает до 300 млн т в сухом эквиваленте органических отходов, 250 млн т в сельскохозяйственном производстве и 50 млн т в виде бытового мусора. Эти отходы являются сырьем для производства биогаза, полученного в результате переработки биомассы.

Наиболее распространенная технология получения биогаза – анаэробное сбраживание в метатанках, или анаэробных колоннах. Биомасса сбраживается в результате жизнедеятельности метанобактерий, в результате чего образуются биогаз и побочные продукты (витамин В, удобрения). Потенциальный объем ежегодно получаемого биогаза может составить 90 млрд м³.

Водородная энергетика основана на использовании в качестве топлива водорода. Преимуществом выбора водорода в качестве энергоносителя являются экологическая безопасность водорода, высокая энтальпия - 143,06 МДж/кг (для обычного углеводородного топлива — 29,3 МДж/кг); высокая теплопроводность водорода, а также низкая вязкость при транспортировке по трубам. Водородная энергетика также включает хранение водорода в газообразном и сжиженном состояниях или в виде искусственно полученных химических соединений, например гидридов интерметаллических соединений; а также транспортировку водорода к потребителю. Если в качестве исходного соединения для получения водорода рассматривать воду, то запасы сырья неограниченны.

Энергия приливов также относится к ВИЭ. ПЭС используют энергию напора, который создается между морем и отсеченным от него заливом. Часть залива отгораживается плотиной. Во время прилива залив наполняется, вращая турбины, а во время отлива происходит обратный процесс, сопровождающийся также выработкой турбинами электроэнергии. Наиболее выгодно использовать для строительства ПЭС длинные, узкие и неглубокие заливы, где высота приливов наиболее высока. Приливная волна достигает 13 м – в Охотском море, 10 м – в Белом море.

Подсчитано, что потенциально приливы и отливы могут дать человечеству примерно 70 млн млрд киловатт-часов в год (столько же энергии, сколько может дать использование разведанных запасов каменного и бурого угля, вместе взятых).

Список литературы

1. Ильин А.К., Пермьяков В.В. Нетрадиционные источники энергии для автономных потребителей. Владивосток: Изд-во ВГУ-ЭС, 1997-36 с.

2. Голицын М.В., Голицын А.М., Пронина Н.В. Альтернативные энергоносители. М.: Наука, 2004. 54 с.
3. Свен Уделл. Солнечная энергия и другие альтернативные источники энергии. М.: Знание, 1980. 89 с.

УДК [657.10+657.250]:620.240

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОТЫ РАСКАЛЕННОГО КОКСА В ПРЕДЕЛАХ АГЛОКОКСОДОМЕННОГО КОМПЛЕКСА

Гордеева И.С. – студент,
Картавцев С.В. – д.т.н., профессор, руководитель
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова»

EFFECTIVE USE OF HEAT OF HOT COKE WITHIN COKE OVEN AND BLAST FURNACE COMPLEX

Gordeeva I. S. (5otl@mail.ru), Kartavzev S.V. (kartavzw@mail.ru)

The goal of the study is to conduct a thermodynamic analysis of current and new process of dry coke quenching. The comparison results in terms of the modern manufacturing coke oven and blast furnace complex.

Задачей работы является проведение термодинамического анализа действующего и нового процесса сухого тушения кокса. Сравнение результатов в условиях современного производства аглококсоδοменного комплекса.

Ключевые слова: кокс, известняк, термодинамический анализ, процесс сухого тушения кокса.

В аглококсоδοменном комплексе теплота раскаленного кокса представляет ценный энергетический ресурс, использование которого на сегодняшний день ведется нерационально.

Годовое производство кокса на крупном металлургическом предприятии ОАО «ММК» в коксохимическом производстве, составляет порядка 5 млн т кокса в год.

При охлаждении 5000 млн кг кокса от 1200 до 200 °С при мокром тушении выделяется порядка 271 млн кг у.т. Следовательно, возникает задача более рационального использования данного тепла.

Для этого был произведен термодинамический анализ действующего процесса сухого тушения кокса и определено, что при охлаждении кокса с 1200 до 200 °С возможно выработать 0,435 т пара параметров 4 МПа, 350 °С [1].

Поставлена задача – повышение эффективности использования отводимой теплоты в процессе сухого тушения кокса. Достичь ее возможно при минимизации разности температур между греющим и нагреваемыми потоками веществ. Это, в свою очередь, приводит к высвобождению новой высокотемпературной области, в которой возможно обрабатывать сыпучие материалы.

В качестве такого материала возможно использовать, например, известняк, так как его температурный уровень за счет физической теплоты кокса позволяет полностью произвести нагрев и декарбонизацию [2]. Это ведет к построению новой схемы процесса сухого тушения кокса. При использовании данной схемы возможно выработать 0,11 т пара параметров 4 МПа, 350 °С, получить обожженную известь в количестве 105 кг, или 23,31 кг у.т. с одной тонны потушенного кокса, а также ценный источник газ - монооксид углерода в количестве 84,224 м³ с одной тонны потушенного кокса, с низшей теплотой сгорания 12,6 МДж/м³.

Газ возможно использовать в различных направлениях. Одним из возможных вариантов является подмешивание монооксида углерода к коксовому или доменному газу, что приводит к изменению топливной характеристики газовой смеси.

Список литературы

1. Куперман Л.И., Романовский С.А., Сидельковский Л.Н. Вторичные энергоресурсы и энерготехнологическое комбинирование в промышленности: учебник для вузов по спец. «Промышленная теплоэнергетика». 2-е изд., перераб. и доп. Киев: Вища. шк., 1986.
2. Теплофизические свойства топлив и шихтовых материалов черной металлургии: справочник / В.М. Бабошин, Е.А. Кричевцов, В.М. Абзалов, Я.М. Щелоков. М.: Металлургия, 1982.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ
ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ
МЕДНЫХ РУД**

Исянгильдина Л.Х. – студент,
Картавец С.В. – д.т.н., профессор, руководитель
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И.Носова»

**RESEARCH OF EFFICIENCY OF THE ENERGY SUPPLY SYSTEM
OF PRODUCTION AND PROCESSING OF COPPER ORES**

Isyangildina L.H. (liana_isyangildina@mail.ru),
Kartavzev S.V. (kartavzw@mail.ru)

The aim of the work is to modernize the energy supply system of production and processing copper ore, reduce energy costs for copper production.

Задачей работы является модернизация системы энергообеспечения добычи и переработки медных руд, снижение энергозатрат на производство меди.

Ключевые слова: эффективность, энергообеспечение, медные руды, ГТУ, ПГУ.

Минерально-сырьевой комплекс (МСК) включает совокупность отраслей по разведке, добыче, транспортировке и переработке твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых.

Технологические процессы добычи и переработки руд цветных металлов на предприятиях горной промышленности весьма энергоемки, при этом энергетическая составляющая может составлять 10-40% и более от общего объема затрат [1].

Одним из таких предприятий является ООО «Башкирская медь» – крупное промышленное предприятие Республики Башкортостан и сырьевого комплекса российской металлургической компании, второй по величине производитель меди в России – ООО «УГМК – Холдинг». Владеет лицензиями на отработку «Юбилейного», «Дергамышского» и группы «Подольских» месторождений с общими запасами около 200 млн т.

Одним из актуальных вопросов является снижение себестоимости продукции предприятия, что можно достигнуть за счет издержек на оплату электроэнергии.

Расход электроэнергии на добычу и переработку медных руд по отдельным технологических операциям представлен в табл. 1 [2].

Таблица 1

Расход электроэнергии при производстве 1 т медной руды, кВт·ч

Статьи расхода	Расход энергии на 1 т, медной руды
Добыча сырья	
При экскавации	25,656
Обогатительная фабрика	
При крупном дроблении	12,9
При измельчении	65,5
При флотации	17,79
Итого	121,846

По расчетам затраты электроэнергии на добычу, дробление, измельчение, обогащение 1 т медной руды с содержанием 2,95% Cu составляет 121,846 кВт·ч. Предприятие производит медь в медном концентрате, для чего требуется дополнительно затрачивать 4,297 м² природного газа на 1 т меди [2].

Одним из решений этой проблемы может служить применение газотурбинной установки (ГТУ) для выработки электроэнергии на собственные нужды. Расчетами установлено, что для текущего объема добычи и переработки медных руд в ООО «Башкирская медь» среднегодовая мощность потребления электроэнергии составляет около 20 МВт.

Рядом с предприятием нет крупных населенных пунктов, тогда возникает проблема рационального использования отходящих газов после ГТУ. Возможен такой путь решения, как применение парогазовой установки (ПГУ), которая бы использовала отходящие газы на дополнительную выработку электроэнергии, необходимой предприятию.

Основные характеристики ПГУ по соотношению газовой и паровой мощности генерации электроэнергии на требуемую суммарную мощность 20 МВт представлены в табл. 2 [3].

Таковыми решениями могут достигаться утилизация отходящих газов, сокращение объема дымовых газов, повышение эксергетического потенциала топлива, что позволяет его использовать более полно и ведет к экономическому эффекту.

Таблица 2

Мощности газовых и паровых турбин, МВт

$N_{ГТУ}$	$N_{ПТ}$	N_{Σ}
2,63÷5,23	17,54÷14,94	20,17
8,3÷10,585	11,87÷10,585	
13,45÷14,72	6,72÷5,45	

Производя собственную электроэнергию предприятие не будет покупать ее у удаленных источников и экономить на топливе, что снизит себестоимость продукции.

По расчетам суммарная эффективность схемы энергообеспечения с ПГУ представлена в табл. 3.

Таблица 3

Обобщенная зависимость КПД схемы энергообеспечения от соотношения мощностей паровой турбины и ГТУ

$\frac{N_{ГТУ}}{N_{ПТ}}$	Эффективность схемы	$\eta_{ТЭС}$
0,15÷0,35	0,176÷0,351	0,403
0,7÷1	0,557÷0,676	
2÷2,7	0,902÷0,987	

Оказалось, что наивысшую эффективность можно достигнуть применением бинарных циклов ПГУ с паросиловой частью без промежуточного перегрева пара при $\frac{N_{ГТУ}}{N_{ПТ}} = 2 \div 2,7$, тогда КПД схемы энергообеспечения добычи и переработки меднорудных концентратов достигнет 0,902÷0,987.

Таким образом, эффективность действующей схемы энергообеспечения может быть повышена с нынешних 40% более чем вдвое – до 90–98% за счет ликвидации потерь на транспорте электроэнергии и более полного использования энергетического потенциала закупаемого природного газа.

Список литературы

1. Абрамович Б.Н., Сычев Ю.А. Проблемы обеспечения энергетической безопасности предприятий минерально-сырьевого комплекса // Записки Горного института. Т. 217. Санкт-Петербург, 2016. С.132 – 137.
2. Чоджой М.Х. Энергосбережение в промышленности: пер. с англ., М.: Металлургия, 1982. 272 с.

3. Ольховский Г.Г. Энергетические газотурбинные установки. М.: Энергоатомиздат, 1985. 304 с.

УДК 669.18:658.18

АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ДОМЕННОГО ГАЗА, ВЫРАБАТЫВАЕМОГО НА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Максимов М.Ю. – студент,
Соколова М.С. – ассистент, руководитель
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова»

THE ANALYSIS OF ENERGY POTENTIAL OF THE DOMAIN GAS, PRODUCED IN THE METALLURGICAL ENTERPRISE

Sokolova M.S. (margo88k@rambler.ru)

Three directions of utilization of the energy potential of blast furnace gas are considered in this article.

Ключевые слова: доменный газ, энергетический потенциал, энергосберегающий эффект.

В настоящий момент в зависимости от технического оснащения и внедрения прогрессивных технологий на металлургических предприятиях в работе доменных печей изменились параметры доменного газа [1, 2]:

- резко снизилась температура грязного газа на колошнике, которая в основном рабочем режиме составляет 130–200 °С, а на некоторых предприятиях Японии – ниже 100 °С;
- вынос пыли из печей уменьшился с 25–40 до 5–20 кг/т чугуна, содержание пыли в грязном газе снизилось с 15–20 до 10–12 г/м³;
- изменился гранулометрический состав (95–96 % пыли составляют фракции < 100 мкм).

Проблема оценки эффективности утилизации доменного газа до сих пор не решена. В данной статье рассматриваются три направления утилизации энергетического потенциала доменного газа:

- сжигание в качестве топлива;

- утилизация избыточного давления при помощи ГУБТ;
- использование в качестве восстановителя после отмывки от CO_2 .

В результате исследований был проведен анализ энергетического потенциала доменного газа применительно к условиям ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат». Оценивались три его составляющие [3]:

- топливная – по калорийности доменного газа;
- силовая – по избыточному давлению доменного газа под колошником;
- тепловая – по температуре доменного газа на выходе из доменной печи.

Силовую составляющую энергетического потенциала можно оценить путем определения теоретической генерации электрической энергии при утилизации избыточного давления доменного газа по следующей формуле:

$$N = \frac{L \cdot V_{\text{д.г.}}}{3600},$$

где N – электрическая мощность, получаемая при расширении газа в турбине, кВт;

$V_{\text{д.г.}}$ – часовой объемный выход доменного газа, $\text{м}^3/\text{ч}$;

L – удельная работа доменного газа, $\text{кДж}/\text{м}^3$.

Структура энергетического потенциала доменного газа в условиях ОАО «ММК» в период 2015 г. приведена в таблице.

Структура энергетического потенциала доменного газа
ОАО «ММК» в период 2015 г.

Энергетическая составляющая	т у.т.	т у.т./т чугуна	Доля, %
Топливная	1740593	0,169	86,16
Силовая	149452	0,015	7,4
Тепловая	130154	0,013	6,44
Итого	2020199	0,197	100

Таким образом, основной энергосберегающий эффект можно искать только в топливной составляющей доменного газа.

Калорийность доменного газа определяется технологией плавки – чем эффективней используется восстановительная способность

углерода в доменной печи, тем меньшая калорийность доменного газа получается на выходе соответствующей доменной печи.

Вследствие больших объемов выхода доменного газа силовая и тепловая компоненты его энергетического потенциала также представляют известный интерес. Рассматриваются следующие варианты утилизации его энергетического потенциала:

1. Выработка электроэнергии при помощи газовых утилизационных бескомпрессорных турбин (ГУБТ).

2. Использование доменного газа в качестве восстановителя после отмывки от CO_2 (доменная печь ULCOS (Ultra Low CO_2 Stelmaking) с рециклингом колошникового газа) позволит снизить расхода кокса и угля до 26 %, а также уменьшить выбросы CO_2 на 50 – 60 % при условии реализации технологии CSS (Carbon Capture and Storage).

После внедрения данной схемы из приходной части топливного баланса металлургического предприятия будет исключен доменный газ, а приход коксового газа уменьшится в 2 – 2,5 раза (уменьшится количество коксовых печей). Все это приведет к коренному изменению топливного баланса завода, а также позволит значительно сократить выбросы CO_2 в атмосферу путем его улавливания, хранения и дальнейшего использования (заправка углекислотных огнетушителей, очистка оборудования от масляных загрязнений, низкотемпературные технологии и т.д.).

Таким образом, современные тенденции совершенствования энергобалансов металлургических предприятий неразрывно связаны с разработкой новых технологий и могут существенно влиять на структуру балансов предприятий.

Список литературы

1. Новые технические решения в проектах доменных печей / В.А. Авдеев, О.И. Шайнович, А.В. Марченко, Е.В. Петров. Сталь. 1996. № 4.
2. Сушон С.П., Завалко А.Г., Минц М.И. Вторичные энергетические ресурсы промышленности СССР. М.: Энергия, 1978.
3. Техничко-экономические подходы к оценке эффективности использования доменного газа на металлургическом предприятии / Агапитов Е.Б., Картавцев С.В., Михайловский В.Н., Каблукова М.С., Миков В.Ю. // Промышленная энергетика. 2016. №3. С. 15-22.

ТЕПЛОВАЯ ИЗОЛЯЦИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Петрушков М.В. – студент, Поляков Ю.С. – студент,
Злыгостев Д.И. – студент, Нешпоренко Е.Г. – руководитель
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова»

THERMAL INSULATION AS AN ENERGY SAVING TOOL

Petrushkov M.V. (240395@mail.ru),
Polaykov U.S. (polaykovmgn@gmail.com),
Zlygostev D.I. (zlygostev.danil.@yandex.ru),
Neshporenko E.G. (Neshporenkoeg@mail.ru)

В настоящее время перед энергетиками всего мира остро стоит проблема энергосбережения. Альтернативная энергетика, по большому счёту, находится только на стадии разработки, а значит, в ближайшие годы мы будем заниматься тем же, чем занимались до этого – сжигать топливо. Однако ресурсы не бесконечны, и углеводороды только дорожают. Не стоит забывать и о том, что, от выбросов продуктов сгорания в атмосферу природе лучше не становится.

В аспекте энергетической эффективности транспортировка и распределение тепловой энергии являются самыми проблемными звеньями во всей технологической цепочке от добычи энергоресурсов до потребления энергии, поскольку затраты на транспорт тепла составляют более 40% стоимости тепловой энергии, а потери тепла в трубопроводах могут даже превосходить эту цифру. Транспортируют тепловую энергию практически в каждой отрасли промышленности, но в наибольших масштабах в системах теплофикации и горячего водоснабжения.

Суммарная протяженность тепловых сетей в России превысила 280 тыс. км. В 2012 г. насчитывалось около 37 тыс. км магистральных подземных теплопроводов с трубами диаметром 650–1450 мм. Протяженность всех остальных теплосетей с меньшим рабочим диаметром – более 246 тыс. км.

Состояние российской сети централизованного теплоснабжения характеризуется следующими цифрами:

- 70% трубопроводов «по старинке» изолированы минеральной ватой и проложены в железобетонных каналах;
- 60% трубопроводов нуждаются в замене;
- потери тепла от 20 до 60% (65-68 млн т у.т. в год);
- утечки теплоносителя – 15–20%.

Эти цифры ясно дают понять, почему изучение и совершенствование средств тепловой изоляции является перспективным направлением в сфере энергосбережения. На данный момент мы уже имеем множество интересных инженерных решений. Например, широкое применение нашли теплопроводы в виде коаксиальных труб (труба в трубе) с пенополиуретановой изоляцией в гидрозащитной оболочке. При этом предусматривается применение не только предварительно изолированных пенополиуретаном и заключенных в полиэтилен труб, но и всех компонентов системы (арматуры, компенсаторов и пр.). Такой теплопровод обеспечивает значительную экономию средств и тепловых ресурсов за счет:

- безканальной укладки в земле
- предварительного изготовления отдельных изолированных элементов в заводских условиях
- практически полной ее герметичности и влагонепроницаемости (т.н. предызолированные трубы).

Зарубежные фирмы (например, датская фирма LOGSTOR) гарантируют срок службы таких теплопроводов 50 лет. Но не стоит останавливаться на достигнутом. Нужно продолжить работу над данным вопросом, ведь решение проблемы тепловой изоляции – это не только экономия ресурсов и денег сегодня, но и забота о планете завтра.

Список литературы

1. Ушаков В.Я., Харлов Н.Н., Чубик П.С. Потенциал энергосбережения и его реализация на предприятиях ТЭК. Томск: Изд-во полит. ун-та, 2015. С. 154-160.
2. Исаченко В.П. Теплопередача. М.: Энергия, 1975. С. 88-92.

**ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО
ИСТОЧНИКА ТЕПЛА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ
ОРГАНИЧЕСКОГО ЦИКЛА РЕНКИНА**

Байкова Д.А. – магистрант,
Агапитов Е.Б. – д.т.н., профессор, руководитель
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И.Носова»

**INFLUENCE OF THE TEMPERATURE OF LOW-POTENTIAL OF
THE HEAT ON EFFICIENCY OF WORK ORGANIC RANKINE CYCLE**

Baykova D.A. (dianna.baykova.93@mail.ru),
Agapitov E.B. (jek_agapitov@mail.ru)

The task of this work is to investigate the possibility of using the heat of cast steel in a casting-rolling complex for the generation of electricity in the organic Rankine cycle.

Задачей данной работы является исследование возможности использования теплоты разливаемой стали в ЛПК для генерации электроэнергии в органическом цикле Ренкина.

Ключевые слова: литейно-прокатный комплекс, двухвалковый кристаллизатор, низкопотенциальное тепло, цикл Ренкина, низкокипящее рабочее тело (НРТ), утилизация тепла.

Низкопотенциальная тепловая энергия, которая неизбежно образуется в металлургических технологиях, является перспективным источником для производства электрической энергии [1].

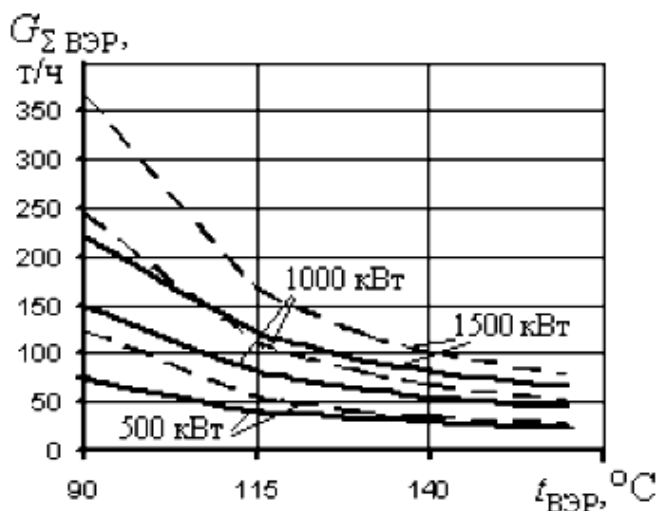
Важнейшим технологическим узлом в стальном литейно-прокатном комплексе (ЛПК) валкового типа является кристаллизатор, в котором происходит формирование оболочки листа. При кристаллизации и охлаждении от 1640 до 1500°C выделяется 84 МДж/т [2]. При выпуске 10 млн т стали в год в разливочном цехе рассеивается до 170 МВт тепловой мощности. Утилизация теплоты охлаждения металла в ЛПК может дать значительный энергетический и экономический эффект. Проблемой является низкий температурный уровень отводимого тепла в системах охлаждения,

что не дает возможности использовать его в традиционных тепловых схемах.

Предлагается энергию системы охлаждения преобразовывать в электроэнергию при помощи низкокипящих рабочих тел, реализующих так называемый органический цикл Ренкина (ORC цикл).

В публикациях, посвященных исследованиям ORC циклов, рассматриваются вопросы рационального выбора: параметров цикла [3]) и рабочих тел (термомасло, пентан [4], изобутан, R21, водоаммиачная смесь и фреоновые смеси), с точки зрения их влияния на КПД цикла.

Связь суммарного расхода вторичных энергоресурсов с номинальной электрической мощностью турбин на НРТ в зависимости от температуры ВЭР $t_{\text{ВЭР}}$ приведена на рисунке.



Расход ВЭР, необходимый для турбин на R 21 мощностью 0,5; 1,0 и 1,5 МВт, в зависимости от температур теплоносителя $t_{\text{ВЭР}}$

В таблице приведены энергетические показатели ORC циклов.

Зависимость вырабатываемой электроэнергии от температуры
теплоносителя при утилизации НВЭР с использованием
ORC контура

Наименование величины		Температура ВЭР, °С			
		90	120	140	160
Удельная электрическая мощность, кВт/(кг/с)		32	39,2	42,8	51
КПД ORC цикла, %		12	14,6	16,3	16,8
Расход НРТ, т/ч	I*	56.3	44.6	40	35.3
	II	112.5	89.1	80	70.6
	III	168.8	133.7	120	105.9
Подвод теплоты НВЭР на выработку электроэнергии, Гкал/ч	I	3,69	2,99	2,72	2,64
	II	7,39	5,98	5,44	5,28
	III	11,08	8,97	8,16	7,91

Можно сделать вывод о том, что энергоустановки на НРТ проектируются на определенную температуру греющей среды, начиная с 80 °С и выше, понижение последней более чем на 20-30 °С приводит к значительному снижению КПД и экономических показателей. В ходе литературного обзора [5] выявлено, что даже очень малые добавки наночастиц к жидкости (доли процента к объему) приводят к росту теплопроводности наносuspension до 60%, теплоотдачи – до 60%, росту критического теплового потока – до 300 %, а следовательно, и повышению температурного уровня. Таким образом, наножидкости являются перспективным объектом для использования в системе отвода низкопотенциального тепла и последующей трансформации в электроэнергию в ORC цикле.

Список литературы

1. Белов Г.В., Дорохова М.А. Органический цикл Ренкина и его применение в альтернативной энергетике // Наука и образование. 2014. №2.
2. Повышение энергетической эффективности процесса непрерывной разливки стали / Аловадинова Х.Н., Демин Ю.К., Матвеев С.В., Картавец С.В. // Промышленная энергетика. 2015. №2.
3. Огуречников Л.А. Геотермальные ресурсы в энергетике // Альтернативные энергоресурсы и экология. 2005. № 11 (31). С. 59–66.
4. Утилизация низкопотенциального тепла для производства электроэнергии с использованием пентана в качестве рабочего тела / В.А. Пятничко, Т.К. Крушневич, А.И. Пятничко // Экотехнологии и ресурсосбережение. 2003. № 4. С. 3–6.

5. Das S., Choi U., Patel H. Heat transfer in nanofluids – A Review // Heat Transfer Engineering. 2006, 27, №10, pp.1-19.

УДК 621.311.22:[628.53:66.074.33]

УЛАВЛИВАНИЕ И УТИЛИЗАЦИЯ CO₂ КАК ОДНА ИЗ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ ТЭЦ

Тихоненко Ю. А. – студент, Агапитов Е.Б. – д.т.н., доцент
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова»

CO₂ CAPTURE AND UTILIZATION AS ONE OF THE PROBLEMS OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY TPP

Tihonenko U.A. (dazzlersmgn@gmail.com),
Agapitov E.B. (jek_agapitov@mail.ru)

The task of the work is to improve the work of the CHP in order to improve its environmental performance, through the implementation of environmental technologies.

Задачей работы является совершенствование работы ТЭЦ с целью улучшения её экологических показателей путём внедрения природоохранных технологий.

Ключевые слова: ТЭЦ, природоохранные технологии, углекислый газ, улавливание, перспективные технологии улавливания.

Теплоэнергетика является одним из основных источников экологически негативного воздействия на окружающую среду. Создание экологически чистых ТЭЦ относится к числу важнейших научных и технических задач.

Основными требованиями для создания экологически чистых электростанций являются:

- выбросы оксидов серы (SOX) – не более 200–300 мг/нм³;
- выбросы оксидов азота (NOX) – не более 150–200 мг/нм³;
- выбросы золовых частиц – не более 50 мг/нм³;
- очищение жидких стоков от ТЭС – 100%;
- доля используемой золы и других твердых отходов – не менее 80%.

Проблема глобального потепления климата, ставшая необычайно актуальной в последние годы, непосредственно связана с парниковым эффектом. Сокращение и стабилизация эмиссий CO_2 является одной из приоритетных задач для мировой общественности. При сжигании ископаемых топлив и высвобождении его энергии, наряду с оксидами серы, азота и золы, также вырабатывается двуокись углерода CO_2 , которая воздействует на глобальный климат. Планируется сокращение эмиссии CO_2 на 50-85% к 2050 году. Необходимые снижения могут быть реализованы с помощью следующих мер:

- повышение эффективности использования энергии,
- использование возобновляемых источников энергии,
- улавливание и геологическое хранение углекислого газа.

На сегодняшний день рассматривают три промышленных цикла фиксации диоксида углерода:

- post-combustion (улавливание после сжигания);
- pre-combustion (улавливание до сжигания);
- oxyfuel combustion (сжигание топлива в кислородной среде).

В методе улавливания CO_2 после сжигания, топливо сгорает, смешиваясь с воздухом в топке котла. После сжигания топлива и удаления золы и SO_2 при помощи абсорбента удаляется углекислый газ. Главным недостатком метода является загрязнение атмосферы оксидами азота.

В системах улавливания до сжигания осуществляется процесс декарбонизации. В процессе газификации топлива при реакции с H_2O и контролируемой подаче кислорода образуется CO и водород. Затем CO за счет конверсии превращается в CO_2 с получением CO_2 и O_2 . Концентрация CO_2 составляет 25-40%, давление в этом процессе, как правило, находится в диапазоне 2,5-5 МПа, что существенно упрощает процесс отделения CO_2 путем сорбции. Основная проблема всех этих решений заключается в их высокой стоимости.

Метод улавливания CO_2 посредством кислородного сжигания топлива – вариант процесса очистки при сгорании. Кислородно-топливное сжигание основано на применении для сжигания топлива обогащенного кислородом воздуха. В результате такого сжигания дымовые газы содержат высокую концентрацию CO_2 , вследствие чего его улавливание значительно облегчается.

Отделение CO_2 возможно осуществить несколькими способами: адсорбция, абсорбция, криогенная дистилляция и разделение на мембранах с избирательной проницаемостью. Такие системы очистки могут улавливать до 95% CO_2 .

Сейчас наиболее перспективным способом улавливания CO_2 считается метод абсорбции. В качестве абсорбента применяется 30%-ый водный раствор моноэтаноламина. Отработанный абсорбент направляется в регенератор, в котором в результате подогрева паром отгоняется практически чистый CO_2 , а восстановленный абсорбент вновь направляется в абсорбер. Эффективность улавливания углекислого газа этим методом достигает 85-95%.

Интересны перспективные разработки, ведущиеся в нашей стране. В России разработан способ утилизации углекислого газа с использованием новейших технологий. Операцию извлечения диоксида углерода из дымовых газов проводят высокoeкономичным методом газоразделения с помощью ионообменных мембран, при этом концентрацию углекислоты доводят до 98-99%. Очищенный диоксид углерода закачивают в хранилища (газгольдеры), откуда он поступает на дальнейшую переработку. На следующей стадии CO_2 смешивают с парами воды и подвергают электрохимическому разложению в процессе электролиза. В результате реакции при высокой ($1100-1150^{\circ}\text{C}$) температуре на аноде выделяется сверхчистый кислород, а на катоде – смесь окиси углерода и водорода, т.е. синтез-газ, служащий основным сырьем для производства углеводородных соединений, всего спектра современных искусственных материалов – от синтетического бензина и дизельного топлива до изделий из полимеров. Синтез-газ может использоваться и в металлургии для бескоксового производства чугуна. Эта технология не имеет мировых аналогов.

В Институте нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН разработаны новейшие технологии превращения углекислого газа в метанол (метилловый спирт) и диметилловый эфир, увеличивающие в 2-3 раза производительность аппаратов при значительном уменьшении расхода электроэнергии.

Введение новых технологий утилизации CO_2 позволит решить важные экологические проблемы и организовать технологические циклы нового типа.

Список литературы

1. Повышение экологической безопасности тепловых электростанций: учеб. пособие для вузов / А.И. Абрамов, Д.П. Елизаров, А.Н. Ремезов и др.; под ред. А.С. Седлова. М.: Изд-во МЭИ, 2001. 378 с. ; ил. ISBN 5-7046-0712-8.
2. Череповицын А.Е., Сидорова К.И., Смирнова Н.В. Целесообразность применения технологий секвестрации CO_2 в России // Нефтегазовое дело: электронный научный журнал. 2013. №5. Режим доступа: <http://www.oqbus.ru>

3. Специальный доклад МГЭИК по улавливанию и хранению дву-
окси углерода. Веб-сайт Секретариата МГЭИК. Режим доступа:
www.ipcc.ch

УДК 66.078.2

ВЫБОР СПОСОБА ОХЛАЖДЕНИЯ СЖАТОГО КИСЛОРОДА

Хасанова Р.В. – студент,
Нешпоренко Е.Г. – к.т.н., доцент, руководитель
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова»

ONE OF THE WAYS OF COMPRESSED OXYGEN COOLING

Khasanova R.V. (rezed@list.ru),
Neshporenko E.G. (neshporenkoeg@mail.ru)

The main idea of the article is to improve the intercooling system of compressor by means of the injection of a liquid oxygen to the gaseous oxygen after the interstage cooler.

В данной статье предложена усовершенствованная система промежуточного охлаждения газа с целью приближения процесса сжатия к изотермическому за счет объемного охлаждения газа в дополнение к выносному.

Ключевые слова: компрессор, система промежуточного охлаждения, энергосбережение, кислород, впрыск, дутье.

Металлургические предприятия – наиболее крупные потребители энергоресурсов. Наиболее значимыми энергоносителями являются сжатый воздух и кислород, на получение которых тратится до 25-30% от общего расхода электроэнергии предприятия черной металлургии*. При этом основная доля затрат электроэнергии приходится на сжатие газов.

Стоит отметить, что существует проблема недоохлаждения газа в промежуточных газоохладителях, достигающая $20\div 40^{\circ}\text{C}$, что

© Хасанова Р.В., Нешпоренко Е.Г., 2017

* Системы воздухообеспечения промышленных предприятий: учеб. пособие / Калинин Н.В и др. Смоленск: Смоленский филиал ГОУВПО «МЭИ (ТУ)», 2005. 122 с.

приводит к снижению производительности компрессора и, как следствие, его КПД. Поэтому основной задачей является приближение процесса сжатия к изотермическому при возможно меньших потерях на эксплуатацию системы.

Для оценки затрат на сжатие кислорода была взята принципиальная схема двухступенчатого компрессора (рис. 1), в которой кислород заходит в первую ступень сжатия, на выходе из которой он направляется в промежуточный охладитель.

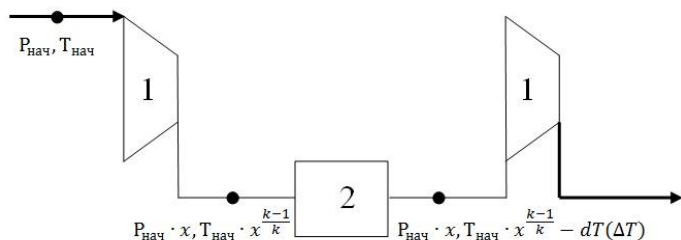


Рис. 1. Принципиальная схема компрессора:
1 – ступени сжатия, 2 – выносной газоохладитель

Затраты энергии были рассчитаны в зависимости от средне-месячной температуры газа для г. Магнитогорска, величины недоохлаждения, принятой 20 К, и степени сжатия, равной 1,4 (рис. 2).

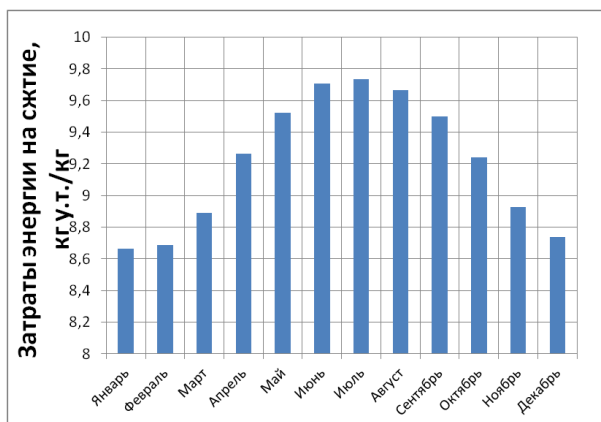


Рис. 2. График зависимости затрат энергии на сжатие кислорода от начальной температуры воздуха

Как видно из графика, в летнее время наблюдается рост работы сжатия, связанный с высокой температурой газа на всасывании и температурой охлаждающей воды в газоохладителях.

Для осуществления процесса сжатия, близкого к изотермическому, необходимо дополнить существующее выносное промежуточное охлаждение объемным, то есть путем впрыска охлаждающего теплоносителя в поток сжатого газа. В данном случае в качестве охлаждающего теплоносителя выступает жидкий кислород, температура насыщения которого составляет ≈ 90 К.

Для расчета энергосберегающего эффекта был взят кислородный турбокомпрессор 5RMB44 + 4RMB32. Он является десятиступенчатым, с тремя выносными охладителями, установленными в корпусе высокого давления.

Результаты расчетов по определению экономии энергии на сжатие кислорода представлены в виде графика на рис. 3. При этом было рассмотрено 7 точек впрыска: после каждого газоохладителя, после 1 и 2, после 2 и 3, после 1 и 3, после всех трех.

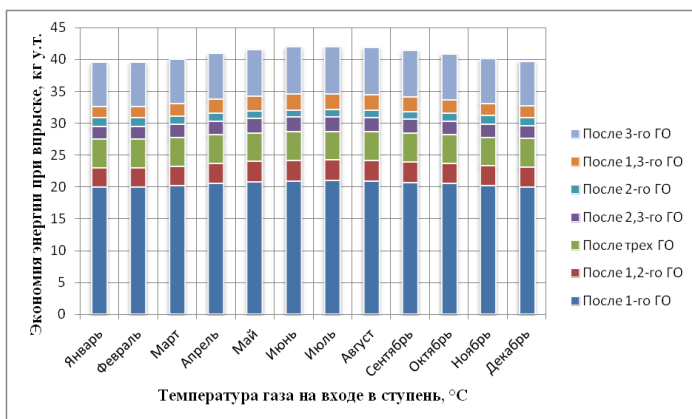


Рис. 3. График зависимости экономии энергии на сжатие кислорода от начальной температуры воздуха

Как видно из рис. 3, наибольшая экономия достигается при впрыске после последнего газоохладителя, что составило в среднем 40,78 кг у.т. на кг кислорода.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОДЕРЖАНИЯ КИСЛОРОДА
В ВОЗДУХЕ ПРИ СЖИГАНИИ НИЗКОКАЛОРИЙНОГО
ГАЗООБРАЗНОГО ТОПЛИВА НА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ
СВОЙСТВА И ОБЪЕМ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ**

Лыгин М.М. – студент, Сатыбалдинов Б.Т. – студент,
Осколков С.В. – руководитель
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова»

**RESEARCH OF INFLUENCE OF CONTENT OF OXYGEN
IN AIR AT COMBUSTION OF LOW-CALORIE GASEOUS FUEL
ON WARM PHYSICAL PROPERTIES AND VOLUME OF PRODUCTS
OF COMBUSTION**

Lygin M.M. (eligin@ya.ru),
Satybaldinov B.T. (baurzhan_satybaldinov@mail.ru),
Oskolkov S.V.(osolkov.sv@mail.ru)

Ключевые слова: кислород, обогащение, низкокалорийное топливо.

Технология сжигания топлива с использованием обогащенного кислородом воздуха является одной из наиболее актуальных тем в энергетике [1]. Данная технология до сих пор не получила широкого распространения на производстве в связи со сложностью и дороговизной её реализации.

В данной статье в табличном и графическом виде показаны эффекты использования обогащённого кислородом воздуха на примере горения доменного газа. Для автоматизации расчёта и упрощения дальнейших исследований был создан программный продукт в сфере VBA [2,3].

На рис.1 показано диалоговое окно, в котором происходит выбор низкокалорийного газообразного топлива и ввод его составляющих.

Ввод данных

Выберите тип низкокалорийного газообразного топлива из перечня и введите его состав, после чего нажмите "Запомнить" и "Далее"

$\text{CO}_2 = 20 \%$ $\text{H}_2 = 3 \%$
 $\text{CO} = 20 \%$ $\text{N}_2 = 56 \%$
 $\text{CH}_4 = 0.5 \%$ $\text{O}_2 = \text{ } \%$
 $\text{SO}_2 = \text{ } \%$ $Q_H = 3,09 \text{ МДж / м}^3$

Выход Запомнить Далее

Рис.1. Диалоговое окно ввода данных

Для расчёта был взят доменный газ следующего состава: 20% CO_2 , 20% CO , 0,5% CH_4 , 3,5% H_2 , 56% N_2 [4]. В таблице предоставлены расчётные данные жаропроизводительности топлива; объёма обогащенного воздуха, необходимого для сгорания топлива, и действительного выхода азота в зависимости от процента обогащения кислородом воздуха.

Результаты расчёта

Процент обогащения кислородом, %	21	30	40	60	80	100
Жаропроизводительность, °C	1218,2	1388,2	1511,1	1657,9	1742,6	1797,7
Объём обогащенного воздуха, необходимого для сгорания топлива, м ³ /м ³	0,607	0,425	0,319	0,212	0,159	0,127
Выход азота, м ³ /м ³	1,0396	0,8575	0,7512	0,645	0,5918	0,56

Также была исследована зависимость объёма продуктов сгорания топлива от процента обогащения кислородом воздуха при коэффициенте избытка воздуха $\alpha=1$ и 1,3. Результаты продемонстрированы на рис. 2.

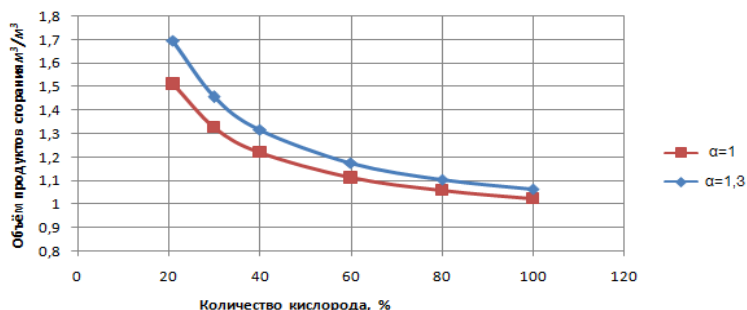


Рис. 2. Зависимость объема продуктов сгорания от количества кислорода

Исходя из полученных данных, можно сделать выводы:

- 1) С увеличением количества O_2 увеличивается жаропроизводительность топлива с 1218,2 до 1797,7 °С, тем самым повышается качество тепловой энергии, выделяющейся при его сжигании, не изменяя количество подаваемого топлива.
- 2) Уменьшается объем воздуха, необходимый для полного сжигания топлива, с 0,607 до 0,127 м³/м³.
- 3) Уменьшается количество выбрасываемых продуктов сгорания, тем самым уменьшается вредное воздействие на окружающую среду [5].

Список литературы

1. Повышение эффективности работы паровоздушной электростанции металлургического предприятия при решении многоцелевых задач / Михайловский В.Н., Даутов Р.Н., Каблукова М.С., Агапитов А.Е. // Электротехнические системы и комплексы. 2016. №3(32). С. 29-35.
2. Решение задач в среде VBA: учеб. пособие / И.Г. Серебренникова, Г.М. Коринченко, Т.Н. Носова, Л.Л. Демиденко. Магнитогорск: ГОУ ВПО "МГТУ", 2010. 162 с.
3. Демиденко Л.Л., Лыгин М.М. Реализация расчёта процесса горения газообразного топлива в VBA // Материалы 15 Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и специалистов. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.Н. Носова, 2014. С. 203-207.
4. Никифоров В.М. Технология металлов и других конструкционных материалов. СПб.: Политехника, 2003. 382 с.
5. Голдовская Л.Ф. Химия окружающей среды: учебник для вузов. М.: Мир, 2005. 296 с.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОБОГАЩЕННОГО КИСЛОРОДОМ ВОЗДУХА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Бутович А.И. – магистр, Агапитов Е.Б. – руководитель, д.т.н.
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова»

PERSPECTIVE DIRECTIONS OF OBTAINING OXYGEN-ENRICHED AIR FOR USE IN INDUSTRY

Butovich A.I. (badboy.bush@yandex.ru),
Agapitov E.B. (jek_agapitov@mail.ru)

Рассмотрена перспектива использования мембранных установок и применения обогащенного кислородом воздуха на металлургических предприятиях. Так, для обогащения доменного «дутья» в металлургии, в том числе в ОАО «ММК», подмешивают технологический кислород в воздух и нагревают его до температуры 1100–1200°C. Содержание кислорода в нагретом воздухе варьируется в диапазоне 26÷30 %. При этом актуальной является проблема удешевления стоимости дутья.

This article considers the perspective of using membrane plants and the use of oxygen enriched air in Metallurgical Works. At present, for enriching blast air at ОАО "ММК" mixed oxygen Technology oxygen in air and heated to a temperature 1100–1200 °C. The oxygen content of heated air ranged 26÷30 %. This is a very urgent problem of cheapening the cost of the of blast air.

Ключевые слова: кислород, воздухоразделительная установка, мембранное разделение.

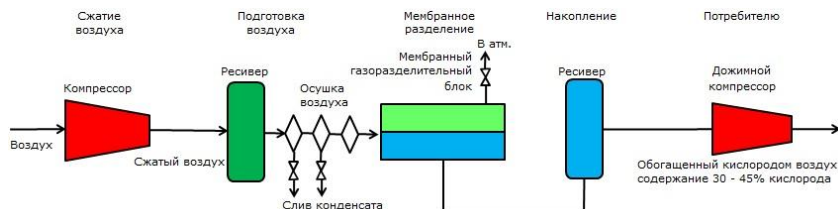
Keywords: oxygen, air separation unit, membrane separation.

Развитие процесса разделения воздуха с помощью мембран связано, прежде всего, с поиском и синтезом материалов, характеризующихся высокими значениями проницаемости и селективности по целевому компоненту – кислороду. В основном применяют полимерные материалы. При создании промышленных мембран

стремятся учесть важное для технологии газоразделения требование – применение мембран с диффузионным слоем, способным обеспечить высокую производительность установки при достаточной прочности мембраны.

Мембраны являются наиболее дорогостоящими элементами установок. Однако мембраны с большими значениями коэффициентов проницаемости, как правило, имеют более низкую селективность [1]. Когда требуется обеспечить высокую селективность, используются материалы с низкими проницаемостями на основе стеклообразных полимеров. Мембраны, используемые для газоразделения, должны обладать высокой проницаемостью и обеспечивать относительно высокую селективность [2], характеризующую разделительную способность мембраны и мембранного модуля в целом. Обычно мембранный элемент [3] состоит из двух мембран и двух крупнопористых подложек из поливинилхлорида. Между мембранными элементами укладывают турбулизирующие вставки. Размер элементов – 0,5х0,5 м, зазор между элементами – 2 мм. Плотность упаковки мембран в аппарате ~ 500-700 м² волокна на 1 м² картриджа.

Атмосферный воздух компримируется центробежными компрессорами до давления 11 атм изб. и охлаждается до температуры примерно 30°C в концевом холодильнике, встроенном в компрессор (см. рисунок).



Принципиальная схема работы мембранной установки

Далее воздух проходит через систему очистки, состоящую из фильтра, осушительной башни, слоя активированного угля и конечного фильтра, заполненного также активированным углем, где удаляются возможные следы тяжелых углеводородов. Таким образом, в системе очистки из воздуха удаляется вода, масло, тяжелые углеводороды и прочие примеси. Далее очищенный воздух поступает в электрический подогреватель, где подогревается до 45°C и проходит конечный фильтр для окончательной очистки воздуха. Очищенный воздух поступает на мембранные блоки, заполненные набором полволоконных мембран, где происходит его разделение.

Для оценки перспективности применения мембранных технологий в металлургии было проведено оценочное сопоставление себестоимости получения обогащенного воздуха по традиционной и мембранной технологии. В мембранной установке разделения воздуха (табл. 1) конечным продуктом является обогащенный кислородом воздух с концентрацией кислорода в диапазоне 30÷45%.

Таблица 1

Удельные показатели мембранного кислородного модуля –
5 установок и 2 компрессора

Наименование	Ед. изм.	Кол-во в год	Стоимость воздуха за 1 м ³ , руб.
Эл. энергия	тыс. кВт	35040	300.91
Сжатый воздух (содержание O ₂ ≈ 21%)	тыс. м ³	280302	
Обогащенный кислородом воздух	тыс. м ³	219000	

Традиционно кислород и азот получают либо криогенным способом (при низкотемпературной ректификации воздуха), либо адсорбционным. Взяв за основу показатели работы воздухоразделительной установки КТА-12-3, в которой конечным продуктом являются газы с чистотой 99,5-99,8% и производительностью по кислороду 27·тыс. нм³/ч, были проведены оценочные расчеты себестоимости обогащенного воздуха с содержанием кислорода в диапазоне 26 ÷ 30 %, который используется для обогащения доменного «дутья» путем подмешивания технологический кислорода в воздух (табл. 2).

Таблица 2

Оценочная себестоимость обогащенного воздуха при содержании кислорода 26 ÷ 30 %

Наименование	Ед. изм.	Кол-во в год	Стоимость воздуха за 1 м ³ , руб.
Эл. энергия	тыс. кВт	236520	284.68
Обогащенный кислородом воздух	тыс.м ³	200000	

На основании анализа сведений, приведенных в табл. 1 и 2, сложно однозначно оценить эффективность применения мембранного метода в конкретной ситуации. Разница в себестоимости 1 тыс.м³ сжатого воздуха небольшая, по предварительной оценке

300–400 руб. и пока мембранные технологии получения обогащенного кислородом воздуха до настоящего времени на практике применяются крайне редко. Корректное решение поставленной задачи возможно с учетом развития мембранных установок разделения воздуха, температурных режимов нагрева, особенностей технологии транспорта обогащенного воздуха и других факторов.

Список литературы

1. Бекман И.Н. Мембраны в медицине. Курс лекций / Моск. гос. ун-т. М., 2010. 17 с.
2. Данцер К., Тан Э., Мольх Д. Аналитика. Систематический обзор: пер. с нем. М.: Химия, 1981. 280 с.
3. Мулдер М. Введение в мембранную технологию: пер. с англ. М.: Мир, 1999. 513 с.: ил. ISBN 5-03-003114-6.

УДК [512.311.22 662.614.2]:004.9

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВРЕМЕНИ АККУМУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОТЫ ЗЕРНОМ ЦЕОЛИТА

Веселов Н.Е. – студент, Демиденко Л.Л. – руководитель
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И.Носова»

SIMULATION OF THE DESORPTION TIME OF ZEOLITE GRAIN

Veselov N.E. (senpaish1ft@mail.ru)
Demidenko L.L. (demidenkoludmila@gmail.com)

The article describes a program simulating the heat flow rate and time spent on the accumulation of heat by a grain of NaX zeolite.

В статье описывается программа, моделирующая расход теплоты, и время, затраченное на аккумуляцию теплоты зерном цеолита NaX.

Ключевые слова: моделирование, утилизация, аккумуляция теплоты, цеолит, программа.

Keywords: modeling, utilization, accumulation of heat, zeolite, program.

КПД современных ТЭЦ, ТЭС, ГРЭС не превышает 40%, при этом возникает вопрос об утилизации теплоты, уходящей с дымовыми газами и сточными водами.

Одним из перспективных материалов, способных сохранить теплоту, является цеолит, обратимо изменяющий фазовое состояние в зависимости от температуры. Его способность абсорбировать теплоту, отдавая накопленную воду и сохранять ее длительное время до контакта с водой, используется в современных научных исследованиях утилизации теплоты [1]. При контакте с водой или водяным паром происходят химическая и физическая реакции и высвобождение теплоты. Кроме того, природный цеолит используют для денитрации дымовых газов котельных установок и как адсорбент при очистке воды [2].

Для моделирования времени аккумуляирования теплоты (десорбции) зерном цеолита, в данной работе предложен алгоритм расчета и написана программа на языке VBA. На рис. 1 показано диалоговое окно, в котором производится ввод исходных данных.

Расчёт параметров цеолита	
Начальная температура	20 °C
Температура окружающей среды	190 °C
Конечная температура	185 °C
Плотность цеолита	1100 кг/м³
Коэффициент теплопроводности	0.24 Вт/(м·К)
Удельная теплоёмкость	870 Дж/(кг·К)
Число псевдоожижения	4
Диаметр цеолита	0.004 м
Масса цеолита	0.001 кг
Расчитать	

Рис. 1. Диалоговое окно расчета параметров цеолита

Прогрев зерна цеолита представляет собой нестационарный процесс теплопроводности в твердом теле. Решение уравнения нестационарной теплопроводности (при постоянстве теплофизических характеристик нагреваемого тела):

$$\alpha \nabla^2 t = \frac{\partial t}{\partial \tau},$$

совместно с граничными и начальными условиями приводит к уравнению

$$\frac{t_k - t_n}{t_{o.c} - t_n} = f(Bi, Fo),$$

где α – коэффициент теплоотдачи от окружающей среды к поверхности нагреваемого тела;

t_k, t_n – начальная и конечная температуры нагреваемого тела;

$t_{o.c}$ – температура окружающей среды.

Правая часть уравнения – сложная функция критериев Био (Bi) и Фурье (Fo). Для зерна, имеющего форму шара радиусом R , критерии определяются:

$$Bi = \frac{\alpha R}{\lambda_t}; \quad Fo = \frac{a\tau}{R^2} = \frac{\lambda_t \tau}{c_t \rho_t R^2}.$$

В последних уравнениях:

λ_t, c_t, ρ_t – коэффициент теплопроводности, удельная теплоемкость и плотность твердого тела (зерна);

a – коэффициент температуропроводности зерна.

Найдем значение критерия Архимеда:

$$Ar = \frac{d^3 \rho_t \rho_c g}{\mu_c^2},$$

где ρ_c – плотность среды (воздуха);

μ_c – динамический коэффициент вязкости среды (воздуха).

Определяем критическую скорость псевдооживления:

$$\omega_{кр} = \sqrt[3]{\frac{Ly_{кр} \mu_c g \rho_t}{\rho_c^2}}.$$

По этой скорости рассчитываем $Ly_{кр}$ критерий Лященко:

$$Ly = \frac{\omega^3 \rho_c^2}{\mu_c \rho_t g},$$

где g – ускорение свободного падения.

Критерий Рейнольдса для потока воздуха:

$$Re = \frac{\omega d \rho_c}{\varepsilon \mu_c},$$

где ε – порозность взвешенного слоя;

d – диаметр зерна цеолита.

Критерий Прандтля:

$$Pr = \frac{c_p \mu_c}{\lambda_t},$$

где λ_t – теплопроводность воздуха;

c_p – удельная теплоёмкость среды при постоянном давлении.

Определяем критерий Нуссельта:

$$Nu = 0,4 Re^{0,67} Pr^{0,33}.$$

Коэффициент теплоотдачи от воздуха к поверхности зерна:

$$\alpha = \frac{Nu \lambda_t}{d}.$$

Находим значения критерия Фурье по графику (рис. 2).

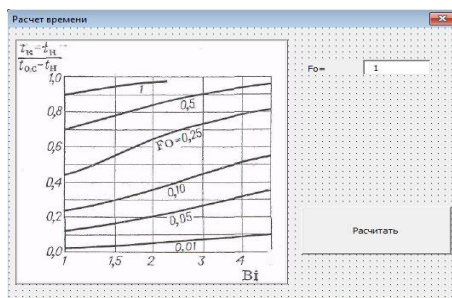


Рис. 2. Диалоговое окно расчета времени нагрева

Время прогрева зерна цеолита

$$\tau = \frac{Foc_r \rho_r R^2}{\lambda_r}.$$

Расход теплоты на нагрев адсорбента массой $m_{ц}$

$$Q = m_{\text{ц}} c_{\text{т}} (t_{\text{к}} - t_{\text{н}}).$$

Таким образом, созданная программа моделирует расход теплоты на нагрев зерна цеолита в течение времени. В результате моделирования было получено, что для нагрева зерна цеолита массой 1 г необходимо 16 с при разности температур 170°C, и расход теплоты на нагрев составляет 147,9 Дж. С учетом теплотерь в окружающую среду (10%) аккумулялирование теплоты зерном цеолита составляет 133,1 Дж.

Список литературы

1. Купрюнин А.А. Разработка технологических основ использования природного цеолита для денитрации дымовых газов котельных установок. Томск, 1998. 20 с.
2. Теплопередача в химической аппаратуре. Основные зависимости и расчётные формулы учеб. пособие [Электронный ресурс]. СПб.: «Питер», 2013. 288 с. Режим доступа: <http://blog.flexyheat.ru/etot-nepoznannyj-ceolit/>

УДК [621.165.1: 621.182]

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПАРОВИНТОВЫХ МАШИН (ПВМ) ДЛЯ ПРИВОДА СЕТЕВЫХ НАСОСОВ КОТЕЛЬНОЙ

Закуцкая Л.А. – студент,
Клыков Н.Д. – студент, Нгуен К.З. – студент,
Осколков С.В. – ст. преподаватель, руководитель
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова»

THE POSSIBILITY OF APPLICATION SCREW-TYPE STEAM ENGINE (STSE) FOR DRIVE OF NETWORK PUMPS OF BOILER ROOM

Zakutskaya L.A.(zakutskayalyuba@gmail.com),
Klykov N.D.(nikita_-1995@mail.ru), Nguen K.Z. (kris26nguen@mail.ru)

Задачей работы является определение эффективности использования ПВМ в качестве привода сетевых насосов источников теплоснабжения.

The aim of the work is determination of efficiency of the use of PVM as a drive of network pumps of sources.

Ключевые слова: ПВМ, привод сетевого насоса, эффективность, экономия.

Большинство существующих промышленных котлов вырабатывают пар с давлением 1,3-1,4 МПа, однако зачастую потребитель не нуждается в таких высоких параметрах пара. Поэтому давление приходится редуцировать до требуемых потребителем значений. Как правило, это осуществляется с помощью редуционно-охладительного устройства. Но в таком случае бесполезно теряется потенциальная энергия пара, которую можно эффективно использовать в паротурбинных установках (ПТУ) или паровых винтовых машинах (ПВМ) для генерации электрической энергии или привода насосов станции.

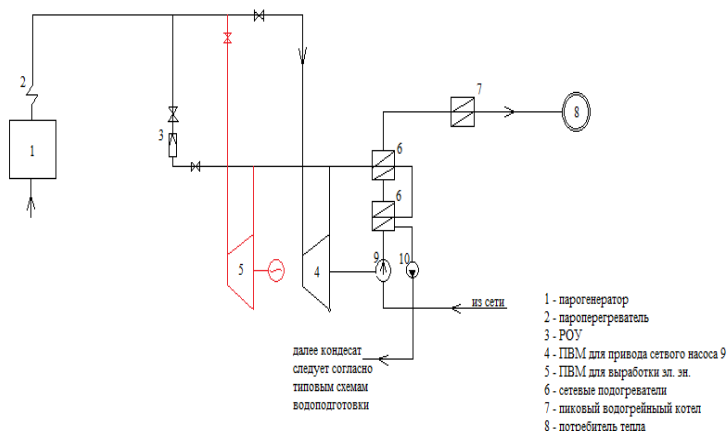


Схема включения ПВМ в тепловую сеть отопительной котельной

Использование ПВМ в источниках теплоснабжения в качестве приводов сетевых насосов позволяет исключить расход электроэнергии, затрачиваемой на привод этого самого насоса. Паровые винтовые машины мощностью 200 кВт для привода сетевых насосов были установлены на мусоросжигательном заводе №3 в Москве [1].

Заметим, что перевод отопительной котельной в режим мини-ТЭС на базе паровых турбин или паровинтовых машин дает возможность частично отказаться от потребления внешней электрической энергии, но такое решение влечет за собой ряд трудностей в вопросах качества потребной электроэнергии для работы оборудования. Касательно привода сетевого насоса с помощью электрогенератора стоит заметить, что КПД работы такого цикла более низкое, нежели КПД цикла, где привод насоса осуществляется валом самой ПВМ или турбинной установки.

Из расчетов эффективности применения ПВМ для привода сетевых насосов было выявлено, что такой вариант редукиции параметров пара котельной более эффективен относительно вариантов с применением ПВМ или ПТУ для выработки электроэнергии.

На основании технических данных котельной №2 г. Златоуст, где применяется котел ДЕ-6,5-14 ($P = 1,3$ МПа, $G = 6,73$ т/ч) и сетевой насос СЭ 160-100 ($H = 92$ м), была произведена оценка экономической эффективности предлагаемого нами варианта использования ПВМ. А также было сделано сравнение его с вариантом использования ПВМ для генерации электроэнергии и вариантом с применением ПТУ для привода сетевого насоса.

Итак, экономия электроэнергии на привод сетевого насоса составляет 7992 кВт/ч в год.

Но стоит отметить, что турбоприводы по значению внутреннего КПД едва ли уступают ПВМ. Однако паровая винтовая машина имеет ряд известных преимуществ относительно паротурбинной установки (Wintoo.ru. Официальный сайт ООО «ВТ Технологии». URL: <http://wintoo.ru/docs/ru/presentation.pdf>).

УДК 532

УЛУЧШЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ПЕЧИ С БАРБОТАЖНЫМ СЛОЕМ ЗА СЧЕТ ОПТИМИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИИ И ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО РЕЖИМА

Терехова А.Ю.¹, Володин А.М.¹, Валавин В.С.² – д.т.н.
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический
университет МИСиС»¹
Инновационный научно-учебный центр «Ромелт»²,
г. Москва, Россия

IMPROVEMENT PERFORMANCE OF OPERATION OF THE FURNACE WITH BUBBLE LAYER DUE TO DESIGN AND HYDRODYNAMIC MODE OPTIMIZATION

Terekhova A. Yu. (terekhova.nastya@mail.ru)

Аппараты с барботажным слоем широко используются в металлургии и других отраслях промышленности. Примером таких аппаратов являются печи с кипящим слоем, конверторы, шлаковозгоночные печи, печи Вонюкова и Ромелт, системы ковш-печь,

рафинировочные ковши и электропечи, оборудованные системой продувки ванны.

Помимо простоты конструкции эти печи обладают потенциальной возможностью повысить на порядок и более интенсивность процессов, протекающих в их технологической зоне, и тем самым существенно улучшить показатели производства в целом. Вместе с тем пока для большинства из перечисленных печей отсутствуют научно обоснованные способы управления технологическим процессом, а также методики расчета элементов печи при её проектировании, что не позволяет в полной мере использовать её потенциальные возможности. В представленной статье отражены некоторые результаты работы, проводимой для решения указанных выше задач применительно к печам Ванюкова и Ромелт.

Ключевые слова: барботажный слой, оптимизация, гидродинамика, массообмен.

Печи с барботажным слоем обладают следующими важными достоинствами:

1. Предельные значения объемной тепловой нагрузки и объемной концентрации целевого компонента в зоне технологического процесса – это главное достоинство печей с барботажным слоем. В сочетании с большой межфазной поверхностью это предопределяет высокую удельную производительность печей и их небольшие размеры.

2. Небольшие размеры печи делают её малоинерционной и легкоуправляемой, что создает предпосылки для полной автоматизации и использования этой печи в автоматических поточных линиях.

3. Высокие тепловые нагрузки и интенсивное перемешивание ванны, заставляют заменить огнеупорную футеровку рабочего пространства печи на охлаждаемые металлические кессоны с огнеупорной набивкой, что приводит к увеличению межремонтной кампании печей и обеспечивают более полное полезное использование теплоты топлива.

4. Появляется возможность организации двух технологических зон: зоны плавления, работающей в режиме аппарата идеального смешения, и зоны сепарации, работающей в режиме аппарата идеального вытеснения [1].

Один из способов увеличения производительности печи – ускорить технологические процессы в барботажном слое за счет интенсификации процесса перемешивания. Перемешивание ванны в рассматриваемых печах происходит за счет трёх механизмов, действующих совместно:

- всплывающие газовые пузыри;
- движущие через расплав газожидкостные потоки;
- свободная конвекция, возникающая в результате неравномерного распределения газа в объеме барботажного слоя, в особенности в фурменной зоне.

Первые два механизма перемешивания хорошо изучены и по ним имеется большой объем публикаций. Эти исследования обобщены в работе [2] и показано, что средняя по ванне скорость перемешивания за счет этих механизмов не может превышать 0,07 м/с. Вместе с тем, по данным прямого эксперимента В.Г. Здановской [3], установлено, что согласно получаемого среднего по ванне значения коэффициента массоотдачи для печи Ромелт скорость перемешивания ванны должна быть порядка 0,8 м/с.

В связи с этим принято предположение, что решающую роль в перемешивании ванны играет свободная конвекция. Создана математическая модель этого процесса [2], с помощью которой установлено, что наибольшее влияние на мощность свободноконвективного перемешивания ванны оказывает распределение газа в фурменной зоне, которое зависит от конструктивных размеров печи и расположения фурм в этой зоне.

Для проверки потенциальных возможностей повышения производительности печи за счет оптимизации её гидродинамики и конструкции фурменного пояса в указанной зоне был выделен контрольный объем (рис. 1). Контрольный объем – площадь, расположенная между продольными осями двух соседних фурм, если фурмы располагаются соосно на противоположных стенках печи.

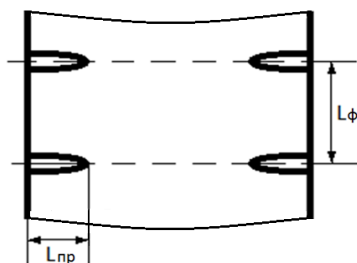


Рис. 1. Схема контрольного объема в фурменной зоне печи:

$L_{пр}$ – длина зоны продувки; $L_{ф}$ – поперечный размер печи

В качестве исходных данных приняли значения полей скоростей в точках контрольного объема, рассчитанные для пузырькового и струйного режимов при соосном и шахматном расположении фурм на противоположных стенках (табл. 1-4).

Осредненные результаты численных экспериментов представлены в виде графика (рис. 2). На нем изображена зависимость безразмерного коэффициента массоотдачи от относительного поперечного размера печи для разных режимов продувки. Из графика видно, что при работе в пузырьковом режиме характер распределения фурм и ширина печи не оказывают никакого влияния на интенсивность массообмена. При переходе к струйному режиму отчетливо видна зависимость интенсивности массообмена от размера печи и характера расположения фурм в фурменной зоне печи. Из графика следует, что максимальное значение коэффициента массоотдачи может быть достигнуто при струйном режиме продувки и ширине печи, равной двум калибрам зоны продувки.

Таблица 1

Пузырьковый режим, соосное расположение фурм

0	0	0	0	0	0	0
22,6	3,48	0,119	0,104	0,111	3,885	22,6
0	0,087	0,1	0,079	0,048	0,05	0
0	0,075	0,064	0,047	0,041	0,049	0
0	0,078	0,026	0,033	0,057	0,077	0
0	0,098	0,077	0,066	0,058	0,074	0
0	0,1	0,077	0,066	0,052	0,071	0
22,6	2,98	0,102	0,074	0,121	2,952	22,6
0	0	0	0	0	0	0

Таблица 2

Струйный режим, соосное расположение фурм

0	0	0	0	0	0	0
105,5	2,805	0,156	0,013	0,156	1,954	105,5
0	0,186	0,169	0,084	0,165	0,177	0
0	0,130	0,147	0,090	0,143	0,122	0
0	0,096	0,127	0,077	0,124	0,096	0
0	0,121	0,147	0,090	0,147	0,129	0
0	0,176	0,175	0,083	0,172	0,184	0
105,5	2,744	0,175	0,010	0,164	1,845	105,5
0	0	0	0	0	0	0

Таблица 3

Пузырьковый режим, шахматное расположение фурм

о	о	о	о	о	о	о
22,6	2,211	0,131	0,071	0,045	0,037	о
о	0,082	0,068	0,539	0,045	0,040	о
о	0,512	0,040	0,032	0,035	0,046	о
о	0,519	0,043	0,048	0,103	3,278	22,6
о	0,462	0,038	0,044	0,061	0,076	о
	0,552	0,033	0,026	0,028	0,028	о
22,6	3,269	0,097	0,049	0,028	0,020	о
о	о	о	о	о	о	о

Таблица 4

Пузырьковый режим, соосное расположение фурм

о	о	о	о	о	о	о
105,5	2,386	0,165	0,138	0,081	0,103	о
о	0,179	0,174	0,096	0,123	0,148	о
о	0,122	0,141	0,054	0,151	0,188	о
о	0,087	0,114	0,046	0,147	1,984	105,5
о	0,118	0,139	0,050	0,143	0,181	о
о	0,177	0,169	0,090	0,118	0,140	о
105,5	0,972	0,156	0,131	0,079	0,097	о
о	о	о	о	о	о	о

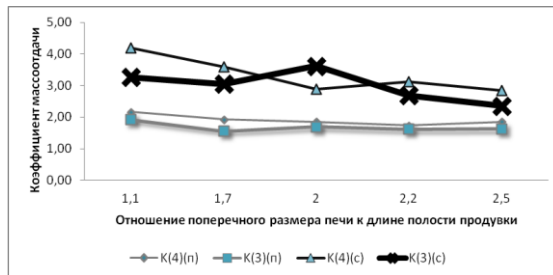


Рис. 2. Зависимость коэффициента массоотдачи от отношения поперечного размера печи к длине полости продувки:

К – коэффициент массоотдачи; (3) – шахматное расположение фурм; (4) – соосное расположение фурм; (п) – пузырьковый режим; (с) – струйный режим

Заключение

Для повышения показателей работы печи и максимальной производительности печи с барботажным слоем необходимо обеспечить струйный режим продувки, установить фурмы в фурменной зоне печи в шахматном порядке, ширина печи должна быть равна двум длинам зоны продувки.

Список литературы

1. Сборщиков Г.С., Крупенников С.А. Универсальный плавильный энерготехнологический агрегат // Металлург. № 6. 2009. С. 38-41.
2. Новый подход к описанию механизма перемешивания ванны в аппаратах с барботажным слоем / Сборщиков Г.С., Вельтищев Н.Ф., Володин А.М., Крупенников С.А. // Труды 4 Междунар. науч.-практ. конференции «Энергосберегающие технологии в промышленности». М., 2012. С. 434-439.
3. Здановская В.Г. Оптимизация конструкции фурменной зоны и гидродинамического режима печей с барботажным слоем при боковом подводе дутья: дис. ... канд. техн. наук. М.: МИСиС, 1982. 224 с.

УДК 697.239

ОЧИСТКА НАРУЖНОГО ВОЗДУХА ОТ ПЫЛИ В СИСТЕМАХ КМК

Андреева К.А. – студент, Маслова Г.Ю. – студент,
Дорофеев В.Н. – к.т.н., доцент, кафедра ТГВиГ
Владимирский государственный университет
имени А.Г. и Н.Г. Столетовых

CLEANING OF OUTSIDE AIR FROM DUST IN KMK SYSTEMS

Andreeva K.A., Maslova G.Yu. (ksusha.red@mail.ru, mslgalina@bk.ru)

The methods of the device for cleaning the outside air from dust in KVM systems with an assessment of their environmental efficiency are considered.

Рассмотрены методы устройства для очистки наружного воздуха от пыли в системах КМК с оценкой их экологической эффективности.

Ключевые слова: очистка, воздух, пыль.

Окружающая среда играет важную роль в развитии и общем состоянии нашего организма. Мы больше всего зависим от качества воды, которую пьем, и воздуха, которым дышим.

В современном мире технического прогресса развитие промышленных предприятий постепенно приводит к возникновению экологической катастрофы, связанной с загрязнением воздуха. Если возможность очистки воздуха в окружающей среде сводится к нулю, то *сделать воздух в своем доме – это задача первоочередной важности.*

На сегодняшний день существует несколько эффективных систем по очистке воздуха от пыли [1-3].

Наиболее распространенные способы очистки воздуха от пыли можно подразделить на несколько категорий в зависимости от принципа фильтрации:

- *ионизирующие (электрофилтры) – вырабатывают сильнейший окислитель озон, прекрасно очищают воздух от пыли, но не освобождают воздух от токсических загрязнителей. К тому же чрезмерное содержание озона в воздухе помещения может привести к отравлению, так что применение данных фильтров не должно быть длительным;*

- *фотокаталитические – органические вещества, попадающие на катализатор, окисляются под действием ультрафиолета до компонентов чистого воздуха, которые благотворно действуют на человека;*

- *адсорбционные (угольные) – притягивают токсичные примеси и удерживают их внутри устройства. Если кассеты фильтра не менять своевременно, то они могут стать источником вредных веществ;*

- *пылевые – наиболее простые, так как в основе устройства используется ткань с различными волокнами, которая задерживает в себе пыль.*

Стоит отметить, что фотокаталитическая очистка воздуха представляет собой максимально действенный метод фильтрации от пылевых клещей и всевозможных токсичных примесей. Принцип работы немного напоминает естественные процессы в природе, благодаря чему данные фильтры применяются повсеместно и являются максимально эффективными и экономичными.

Для очистки воздуха от пыли применяют пылеуловители и фильтры, в которых отделение пылевых частиц от воздуха производится путем фильтрации через пористые материалы. Аппараты,

основанные на иных принципах пылеотделения, принято называть пылеуловителями.

По функциональному назначению пылеулавливающее оборудование подразделяют на два вида: 1) для очистки приточного воздуха в системах вентиляции и кондиционирования; 2) для очистки воздуха и газов, выбрасываемых в атмосферу системами промышленной вентиляции.

Наиболее простыми по устройству и эксплуатации аппаратами являются **пылеосадительные камеры**, в которых отделение частиц пыли от воздуха происходит под действием силы тяжести при прохождении воздуха через камеры. Эти устройства применяют для грубой очистки.

Эффективность пылеулавливания возрастает с увеличением скорости входа воздуха в циклон, однако при слишком большой скорости возрастает турбулизация воздушной среды и эффективность циклона падает. Максимальную скорость воздуха принимают обычно не более 20 м/с. На эффективность этих аппаратов влияет и их диаметр: с его увеличением эффективность падает, поэтому диаметр циклонов принимается не более 1 м.

Рукавные фильтры для улавливания сухих неслипающихся пылей нашли широкое применение в промышленности. Основными рабочими элементами этих устройств являются матерчатые рукава, подвешиваемые к встряхивающему устройству и размещаемые в герметичном металлическом корпусе. Воздух, проходя через ткань рукавов, оставляет на их поверхности пыль и удаляется из корпуса фильтра вентилятором.

Электрические фильтры находят широкое применение на предприятиях строительной индустрии для очистки воздуха и промышленных газов от пыли. В этих аппаратах отделение пылевых частиц от воздуха производится под воздействием статического электрического поля высокой напряженности. В металлическом корпусе, стенки которых заземлены и являются осадительными электродами, размещены коронирующие электроды, соединенные с источником постоянного тока. Напряжение выпрямленного тока составляет 30–100 кВ.

Вокруг отрицательно заряженных электродов образуется электрическое поле. Проходящий через электрофильтр запыленный газ ионизируется, вследствие чего приобретают отрицательные заряды и пылевые частицы. Последние начинают перемещаться к стенкам фильтра и, оседая на них, образуют плотный слой. Очистка осадительных электродов производится путем их остукивания или вибрации, а иногда путем смыва водой.

Для различных условий применения промышленностью выпускаются разные типы электрофильтров: УГ, ЭГА, УТТ, ОГП, УБ, УВВ, ПГ, ДМ и др.

Список литературы

1. Очистка воздуха от пыли: системы и методы. URL: <http://vozdyx.ru/article/ochistka-vozduxa-ot-pyli-sistemy-i-metody/>
2. Методы очистки воздуха от пыли. URL: <http://poisk-ru.ru/s12127t1.html>
3. http://studbooks.net/938879/ekologiya/materialy_metody_issledovaniy

УДК 628.511: 628.53

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗНОТЕМПЕРАТУРНЫХ КОНДЕНСАЦИОННЫХ ФИЛЬТРОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Малеваный М.В. – студент, Солженикин П.А. – к.т.н., доцент,
Стогней В.Г. – к.т.н., профессор
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический
университет»

THE EFFICIENCY OF THE USE OF MULTI-TEMPERATURE CONDENSATION FILTERS IN INDUSTRY

Malevany M.V. (malevany.mikhail@yandex.ru),
Solzhenikin P.A. (scorpion-050806@yandex.ru),
Stogney V.G. (pt_vstu@mail.ru)

The plants for cleaning gases are considered, their comparative analysis is carried out, the urgency of using a universal multi-temperature gas cleaning unit

Рассматриваются установки для очистки газов, проводится их сравнительный анализ и обосновывается актуальность применения универсальной разнотемпературной газоочистной установки.

Ключевые слова: газоочистка, тепломассообмен, конденсация, газовый поток, разнотемпературный канал.

Непрерывное развитие различных технологических процессов является одной из особенностей современного технического

прогресса и зачастую сопровождается образованием аэродисперсных систем, состоящих из твердых частиц пыли, взвешенных в газообразной среде.

Надежность и эффективность работы систем пылеочистки в значительной степени зависят от физико-химических свойств улавливаемой пыли [1].

При выборе установок для разделения неоднородных систем следует учитывать целый ряд факторов и требований, предъявляемых к качеству разделения этих систем. Они могут быть обусловлены требованиями технологии, экологическими соображениями, а также ценностью взвешенных частиц в газе или жидкости. Помимо этого важно учитывать еще и концентрацию дисперсных частиц, их распределение по тем или иным размерам, температуру и агрессивность среды, технические и экономические показатели работы самих аппаратов.

Произведём небольшое сравнение распространённых промышленных фильтров (рукавных фильтров, электрофильтров, пылеосадительных камер и циклонов) по таким показателям, как начальная концентрация пыли, размер отделяемых частиц пыли, создаваемое гидравлическое сопротивление, степень очистки. Отобразим данные в таблице ниже.

Сравнение газоочистителей

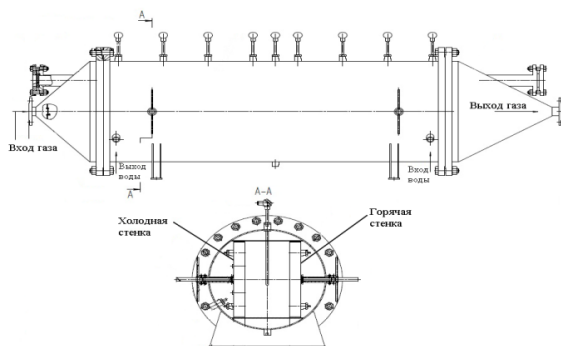
Тип аппаратов	Начальная концентрация пыли, мг/м ³	Размер отделяемых частиц пыли, мкм	Гидравлическое сопротивление, мм.вод.ст	Степень очистки, %
Рукавные фильтры	≥200	≥2	70–100	≥99,5
Электрофильтры	—	≥0,005	—	≤99,5
Пылеосадительные камеры	—	≥100	—	40–60
Циклоны:				
конические	≥1000	≥15	40–70	≤90
батарейные	—	≥15	—	≥95

Достаточно различная степень очистки, ограниченный размер отделяемых частиц пыли, несовершенство конструкций, малая эффективность, громоздкость и другие недостатки говорят о несовершенстве газоочистительного оборудования, в связи с чем це-

лесообразно применение универсальной газоочистительной установки, не имеющей подобных недостатков, – разнотемпературного конденсационного фильтра.

Принцип метода, на котором основан процесс очистки, заключается в следующем: при очистке загрязненный газовый поток подается в разнотемпературный канал, в котором происходит конденсация паров примеси на ядрах конденсации, например механических частицах, газовых ионах, и их рост до размеров капель [2].

Разнотемпературный конденсационный фильтр (см. рисунок) обладает универсальностью по температурным и расходным характеристикам рабочих сред. Он имеет меньшие размеры, менее энергоемок по сравнению с электрофильтрами и матерчатými фильтрами, и его работа может обеспечиваться за счет частичной утилизации теплоты самих выбросов. При соблюдении расчетных параметров рабочего канала его конфигурация может быть выполнена с учетом возможного размещения конденсационного фильтра в цехе. Это позволяет при необходимости устанавливать его прямо в газоходах, вентиляционных каналах и других газовоздушных трактах.



Разнотемпературный конденсационный фильтр

Данная установка должна отвечать следующим техническим требованиям: степень очистки конденсационного фильтра – до 99%; гидравлическое сопротивление конденсационного фильтра – до 300 Па; производительность 0-120000 м³/ч, малая энергоемкость, легкость монтажа в технологический процесс.

Список литературы

1. Комарова Л.Ф., Кормина Л.А. Инженерные методы защиты окружающей среды. Техника защиты атмосферы и гидросферы от промышленных загрязнений: учеб. пособие. Барнаул: Алтай, 2000. С. 29-55.

2. Солженикин П.А., Стогней В.Г., Рязских В.И. Оптимизация процесса очистки газового потока от аэрозольных частиц // Вестник Воронежского государственного технического университета, 2008. Т.4. № 2. С. 162–165.

УДК 62:51

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК КС-ГВ-40

Григорьев С.В. – студент гр. зАТб-14,
Картавец С.В. – д.т.н., профессор, руководитель
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический универ-
ситет им. Г.И.Носова»

IMPROVEMENT OF OPERATING MODES OF BOILER INSTALLATIONS КС-ГВ-40

Grigorjev S.V. (mgn_grig@mail.ru), Kartavzev S.V. (kartavzw@mail.ru)

The task of the work is the modernization of the control system for the operation of the boilers of gas distribution stations, aimed at improving their energy characteristics.

Keywords: efficiency, power supply, boiler plants, gas distribution stations.

Задачей работы является модернизация системы управления эксплуатацией котлов газораспределительных станций, направленная на улучшение их энергетических характеристик.

Ключевые слова: эффективность, энергообеспечение, котельные установки, газораспределительные станции.

По всей стране у Газпрома расположены десятки тысяч производственно-технических объектов: котельных, насосных, газораспределительных станций и т.д. На каждом из них есть свои «узкие места» – процессы и оборудование, «ждущие своего часа» модернизации и оптимизации.

При проведении режимно-наладочных работ на котлах типа КС-ГВ-40, корпуса которых являются сварными (т.е. неразборны-

ми), возникает необходимость чистки внутренних поверхностей нагрева от сажи.

Сажа образуется на внутренних поверхностях нагрева газопотребляющих агрегатов из-за несоответствия давления газа перед горелкой агрегата паспортным значениям. Причиной падения или повышения давления газа перед котлами на ГРС могут являться старые регуляторы давления газа (физический износ клапана, пружины или седла регулятора, вызванный длительным сроком эксплуатации), как следствие, нестабильное давление газа на выходе. Недостатки существующей схемы работы:

- 1) низкий КПД газопотребляющего агрегата из-за образования сажи, как следствие, нерациональное использование природного газа (перерасход);

- 2) высокие затраты и трудоёмкость работ по разборке, чистке поверхностей нагрева и сборке котла в исходное состояние;

- 3) высокие выбросы окиси углерода в атмосферу (химический недожог).

Для исключения вышеуказанных проблем предлагается устанавливать вместо напоромера НМП-52-М2-УЗ (не имеющего контакта подключения (КИП)) показывающий напоромер ДГ-С2-УЗ (более совершенный и имеющий вышеуказанный контакт). Выключатель замыкает сигнализацию на приборе УДКС в помещении оператора и на звуковое устройство в доме оператора. Это необходимо для того, чтобы оператор ГРС незамедлительно был проинформирован о падении или повышении давления газа перед котлом и принял меры по стабилизации давления до паспортного значения.

Преимущества:

1. Поддержание штатного режима работы котла и КПД установки близким к паспортным значениям.

2. Снижение выбросов окиси углерода в атмосферу.

3. Экономичный режим работы котла.

4. Увеличение межремонтных периодов котла, снижение вероятности образования мест локальных перегревов поверхностей нагрева, трещин в теплообменнике и теплоизоляции.

5. Отсутствие необходимости демонтажа, разборки котла, чистки и сборки его обратно, что является трудоёмким и капиталозатратным.

Данное предложение также является актуальным для котлов подобных типов, подогревателей газа типа ПГА -10, ПГА – 200 и ПТПГ – 30.

Испытания и обработка результатов проводились согласно методике СПНУ «Промэнергогаз», зарегистрированной в ГУ

«Свердловгосэнергонадзор», по технической программе теплотехнических испытаний. Измерения проводились согласно схеме измерений при режимно-наладочных испытаниях котла.

Расчёт экономии предложения.

Расчет годовой экономии топлива котельной на примере ГРС
с. Боровое

Станционный номер котла	1		2	
Исходные данные\Режим работы котла	До	После	До	После
Теплопроизводительность, кВт	22	23	36	38
Годовая продолжительность работы котла, ч	2365	2365	2370	2370
КПД «брутто» котла , %	78,26	82,64	82,98	86,92
	До		После	
КПД «брутто» котельной, %	81,21		85,30	
КПД «нетто» котельной, %	79,71		83,80	
Удельный расход усл. топлива, кг.у.т./Гкал	179,2		170,5	
Теплота сгорания топлива, МДж/м ³	35,8			
Средняя годовая нагрузка котельной, Гкал/год	122			
Год. экономия усл. топлива, кг у.т.	1071			
Годовая экономия газового топлива, м ³	902			
Цена за м ³ природного газа (внутренние расчеты), руб.	4,50			
Стоимость сэкономленного природного газа, руб.	4 059			

Таким образом, предлагаемая модернизация системы управления может дать значительный энергосберегающий и экономический эффект.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ ПАРОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КОТЕЛЬНОЙ

Вафина Д.Э. – студентка, Демиденко Л.Л. – руководитель
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова»

AUTOMATED CALCULATION OF THE STEAM CAPACITY OF THE BOILER

Vafina D.E. (vafina_de@mail.ru),
Demidenko L.L. (demidenkoludmila@gmail.com)

In this paper, an algorithm is described for calculating the maximum steam capacity of a boiler house, implemented in the VBA language.

В данной работе описывается алгоритм расчета максимальной паропроизводительности котельной, реализованный на языке VBA.

Ключевые слова: котельные агрегаты, теплота, паропроизводительность, тепловые сети, насыщенный пар, оборудование котельной, энергия, алгоритм, программа.

Для определения необходимой мощности современной производственно-отопительной котельной и выбора основного и вспомогательного оборудования необходимо выполнить расчет тепловой схемы.

Применение современных программных средств позволяет автоматизировать расчеты и провести анализ тепловой схемы котельной.

Для расчета необходимой максимальной паропроизводительности (мощности) котельной был разработан алгоритм, реализованный на языке VBA. Программа позволяет рассчитать количество пара и горячей воды на производственно-технологические нужды предприятия, сетевой воды на горячее водоснабжение и отопление. На рисунке показано одно из диалоговых окон для ввода параметров.

Диалоговое окно определения расхода насыщенного пара в бойлерной установке

Расход насыщенного пара давлением $P_n = 0,6$ МПа в бойлерной установке для подогрева сетевой воды, циркулирующей по тепловым сетям, рассчитывается по формуле

$$D_{от} = \frac{Q_{от}}{(h_n - h_k^{от})\mu_n},$$

где $Q_{от}$ – максимальный расход теплоты на отопление с учетом потерь в наружных сетях, кВт;

$h_k^{от} = c_v \cdot t_k^{от}$ – энтальпия конденсата греющего пара после охладителя конденсата, кДж/кг;

μ_n – коэффициент, учитывающий потери теплоты в бойлерной установке и принимаемый равным 0,98.

Расход сетевой воды, направляемой в тепловую сеть, определяется по формуле, кг/с (т/ч):

$$G_{т.с} = \frac{Q_{от}}{c_v (t'_{т.с} + t''_{т.с})},$$

где $t'_{т.с}$ и $t''_{т.с}$ – температуры сетевой воды в подающей и обратной ветвях тепловой сети, °С.

Потери (утечки) сетевой воды в тепловых сетях принимаем 1,5% от расхода $G_{т.с}$, кг/с (т/ч):

$$\Delta G_{т.с} = 0,015 G_{т.с}.$$

На основе полученных данных общий расход насыщенного пара давлением $P_n = 0,6$ МПа для приготовления горячей воды на производственно-технические нужды предприятия, для нагрева сетевой воды, циркулирующей в тепловых сетях, и для работы приточно-вытяжных вентиляционных систем предприятия составит:

$$D_{0,6} = D_{от} + D_{вн}.$$

Для обеспечения вентиляционной нагрузки производственных помещений примем расход насыщенного пара давлением 0,6 МПа $D_{вн}$ в количестве 0,55 кг/с.

В производственно-отопительных котельных небольшой мощности, вырабатывающих насыщенный пар невысокого давления ($P_n < 4$ МПа), понижение давления потребляемого пара из главной магистрали осуществляется простым дросселированием с помощью редукционного вентиля или клапана. Процесс дросселирования протекает при постоянной энтальпии пара $h = \text{const}$. В крупных котельных и ТЭЦ, когда котлоагрегаты дают перегретый пар достаточно высокого давления и температуры, для потребителей пара с меньшими давлениями и температурой приходится устанавливать редукционно-охладительные установки (РОУ).

В данном случае при давлении за котлом в главной паровой магистрали $P_{пр} = 2,3$ МПа и температуре насыщенного пара $t_{пр} = t_k = 219,5^\circ\text{C}$, достаточно простого дросселирования пара до 0,6 МПа.

Общий отпуск пара внешним теплопотребителям составит, кг/с (т/ч):

$$D_{вн} = D_{пр} + D_{0,6}.$$

Расход пара на собственные нужды котельной (подогреватель сырой воды, деаэратор) примем как 9% от отпуска пара внешним потребителям, кг/с (т/ч):

$$D_{сн} = 0,09 D_{вн}.$$

Общая паропроизводительность котельной с учетом 3% потерь пара и конденсата внутри котельной составит, кг/с (т/ч):

$$D = \frac{D_{вн} + D_{сн}}{0,97}.$$

Таким образом, с помощью данной программы возможно рассчитать общую паропроизводительность котельной и с помощью моделирования провести анализ тепловой схемы котельной.

Список литературы

1. Производственные и отопительные котельные / Бузников Е.Ф., Роддатис К.Ф., Берзиньш Э.Я. 2-е изд., перераб. М.: Энергоатомиздат, 1984. 248 с.
2. Мигай В.К. Моделирование теплообменного энергетического оборудования. Л.: Энергоатомиздат, 1987. 264 с.

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ТОПОЧНЫХ КАМЕР С «КИПЯЩИМ» СЛОЕМ В КОТЛАХ

Хоботов Е.А. – студент,
Дорофеев В.Н. – руководитель, доц. кафедры ТГВиГ
Владимирский государственный университет
имени А.Г. и Н.Г. Столетовых

THE STRUCTURAL ANALYSIS TOPOCHNYJ CAMERAS WITH "BOILING" LAYER IN THE BOILERS

E.A. Khobotov (snaiperfcsn@rambler.ru)

The peculiarities and disadvantages of using technology "boiling" layer in the furnace chambers of boilers used in thermal power utilities.

Особенности и недостатки использования технологии «кипящего слоя» в топочных камерах котлов, используемых в тепловых электростанциях.

Ключевые слова: «кипящий» слой, топочная камера, топливо, топка

Необходимость решения двух важных проблем в современной экономике (сжигание низкокачественного топлива и обеспечение чистоты атмосферного воздуха) привела энергетиков к передовой технологии, способной решить обе задачи одновременно – это сжигание твердого топлива, например, угля в «кипящем» слое.

«Кипящий» слой может быть высокотемпературным (1100–1200 °С) и низкотемпературным (800–900 °С), в настоящее время по ряду причин почти всегда используется второй. В частности, в нём весьма эффективно подавляется выделение оксидов азота и можно применить погружаемую поверхность, при которой исключительно высок коэффициент теплоотдачи (нагретые частицы топлива соприкасаются с ней непосредственно, и часть тепла передаётся не конвекцией, а теплопроводностью). Для регулирования температуры слоя во избежание шлакования можно вводить воду и пар, но в принципе из-за высокой абразивности этого слоя топки с его применением к шлакованию не склонны [1].

Топки «кипящего» слоя не чувствительны к качеству топлива в смысле его химического состава, но чувствительны к однородности фракционного состава частиц топлива и инертной засыпки. Горение в данных топках более интенсивное, чем в обычных слоевых, их габариты меньше; однако для них требуются воздухораспределительная решётка и вентилятор большей мощности.

В настоящее время представляют интерес две технически отработанные конструкции одноступенчатой и двухступенчатой топки с «кипящим» слоем. В двухступенчатом слое достигается 30-50% связывание серы (оксидом кальция, содержащимся в минеральной части топлива).

В табл. 1 приведены данные по содержанию диоксида серы и оксидов азота в продуктах сгорания антрацитового штыба и промпродукта в топке «кипящего» слоя котла НИИСТУ-5 [3].

Анализ золы из топки «кипящего слоя» показал высокую степень выгорания горючих компонентов антрацитового штыба и промпродукта: 99,4–99,8 и 99,2–99,4% соответственно.

Таблица 1

Характеристики продуктов сгорания различных видов топлива при сжигании в топке «кипящего» слоя котла НИИСТУ-5

Топливо	Зольность, %	t, °C	SO _{2,3} мг/м ³	NO _{x,3} мг/м ³
Антрацитовый штыб, Q _н ^p = 19,06 МДж/кг	32	890-930	10-20	150-160
Антрацитовый штыб, Q _н ^p = 20,35 МДж/кг	33	880-845	20-40	100
Антрацитовый штыб, Q _н ^p = 16,34 МДж/кг	44	850-900	30-40	120-150
Промпродукт (г) Q _н ^p = 22,34 МДж/кг	27	850-890	40-60	150
Промпродукт (г) Q _н ^p = 16,42 МДж/кг	36	810-830	15-20	20-40
Промпродукт (т), Q _н ^p = 17,14 МДж/кг	44	800-840	100-110	60-90

В табл. 2 приведены сведения ОАО «НПО ЦКТИ» по применению котлов с топками низкотемпературного «кипящего» слоя в период 2005-2008 гг. (выборочно) [4].

Таблица 2

**Котлы малой и средней мощности ОАО «НПО ЦКТИ»
с топками кипящего слоя (НТКС)**

Объект	Котел	Колич.	Мощность, МВт	Топливо	Год ввода
г. Марианполе, Литва, «Мариамполес РК»	Ке-25-24-350	1	16	древ. отходы	2005
пос. Максатиха Тверской обл., Максатихинский ДОК	ГМ-50-1	1	32	Древ. отходы	2006
Г. Вилейка, Белоруссия, Вилейская мини-ТЭЦ на базе РК-3 МЭС	КЕ-25-24-350	1	16	Древ. отходы	2007
пос. В.Синячиха свердловской обл., фанерный комбинат ЗАО «Фанком»	Еп-20-2,4-350	1	15	Древ. отходы	2008

В [2] приведен опыт сжигания низкосортного твердого топлива в топках «кипящего» слоя отопительных котлов мощностью до 1 МВт. В частности, рассмотрено сжигание углей в «кипящем» слое в реконструированных котлах типа НИИСТУ-5 тепловой мощностью 0,45-0,54 МВт.

Объекты внедрения: промышленность, котельные, РТС, КТС, ТЭЦ.

Эффект от внедрения:

- для объекта – экономия капиталовложений на сооружение станций и установок до 10%, экономия топлива, увеличение КПД котлоагрегатов;
- для муниципального образования – снижение потребления топлива, улучшение качества и надежности теплоисточников, уменьшение тарифа для потребителей.

Список литературы

1. Кубин М. Сжигание твердого топлива в кипящем слое: пер. с чеш. / под ред. В.Р. Котлера. – М.:Энергоатомиздат,1991. – 144 с.
2. Чернявский Н.В. Топливные потери на поставках ТЭС необогащенного и обогащенного угля // Экотехнология и ресурсосбережение. 2000. №5. С. 3-7.
3. http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=20

УДК 667.239

СРАВНЕНИЕ ГАЗОТРУБНЫХ И ВОДОТРУБНЫХ КОТЛОВ ПО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

Вьюнов Д. А. – студент,
Дорофеев В. Н. – руководитель, доц, кафедры ТГВиГ
Владимирский государственный университет
имени А. Г. и Н. Г. Столетовых

COMPARISON OF GAS-TUBE AND WATER-TUBE BOILERS BY ENERGY EFFICIENCY

Vyunov D. A. (dimavyunov@gmail.com)

The results of an assessment of the energy efficiency of boilers according to their specific parameters

Рассмотрены результаты оценки энергоэффективности котлов по их удельным показателям

Ключевые слова: газотрубные котлы, энергоэффективность.

В классификационной структуре теплогенераторов (котлов) одним из важных признаков является разделение их по характеру движения продуктов сгорания топлива и воды (или пара) относительно разделяющей поверхности нагрева. По принципу прохождения теплоносителя через котел наиболее распространенными марками являются:

- водотрубные котлы, в которых теплоноситель находится в трубной части, а горячие газы омывают трубную поверхность. Такие котлы в основном выпускают в России;
- жаротрубные (газотрубные) котлы, когда в трубной части находятся дымовые газы, а теплоноситель – в объеме котла. Жаротрубные котлы, в свою очередь, делятся по количеству ходов дымовых газов. В России используются как 2, так и 3-ходовые котлы; причем 2-ходовые котлы имеют меньший КПД, в пределах 90%, и применяются в европейских странах преимущественно. В настоящее время наибольшее распространение получили 3-

ходовые котлы. Если раньше (до 1985 – 1990 гг.) в котельных устанавливались преимущественно водотрубные котлы, то в настоящее время на рынке котельного оборудования представлены теплогенераторы обоих типов. Поэтому важное значение приобретает сравнительный анализ их конструкций по энергоэффективности.

Наиболее распространенными сегодня марками являются водогрейные котлы: [1]

российского производства:

типа «КВ-ТС», «КВ-ГМ» ОАО «Дорогобужкотломаш»; «Турботерм» ПГ «Рэмекс»; «ЗИОСАБ» Подольского машиностроительного завода; «ЖК, КВМ» завода «Балткотломаш» (Санкт-Петербург); «КВ-ГМ» Псковского котельного завода; «УТМ» ОАО «РУМО»; «Энтророс»; ДЕ и ДКВР Бийского котельного завода и других производителей;

зарубежного производства:

немецкой компании «Виссманн» (VIESSMANN); «Лоос» (LOOS); «Вайлант» (VAILANT); «Будерус» (BUDERUS); голландской компании «Рендамакс» (RENDAMAX); «Хортэк» (HORTEK); венгерской компании «Новум-Фег» (NOVUM-FEG); чешской компании «Термона» (TERMONA); корейской компании «Бустер» (BOOSTER) и других производителей.

Дымогарные (газотрубные) котлы широко используются в промышленности и ЖКХ для получения пара и горячей воды. Современный газотрубный котел может производить пар при давлении до 2,5 МПа с паропроизводительностью около 8 кг/с. Некоторые котлы оборудованы трубами для перегрева пара и поэтому могут быть использованы для небольших энергетических установок.

Типичный газотрубный котел состоит из цилиндрической емкости, в которой размещены полностью затопленные водой трубы и через которые проходят горячие продукты сгорания. Горячие газы, образующиеся в камере сгорания (жаровой трубе), проходят через реверсивную камеру и затем через трубы малого диаметра, составляющие второй ход и далее, через второй пучок труб, который образует третий ход. Водотрубные котлы более выгодны по сравнению с дымогарными при давлениях свыше 2 МПа и паропроизводительности свыше 5 кг/с. Водотрубные котлы используются на больших предприятиях в технологических процессах и в энергетических установках для производства высокотемпературного пара при высоком давлении, а также в коммунальной теплоэнергетике.

Водотрубные котлы представляют собой водотрубные теплообменники с естественной или принудительной циркуляцией. Процесс парообразования в них происходит внутри труб, которые

снаружи обогреваются дымовыми газами. Котлы с естественной циркуляцией выполняются, главным образом, в виде вертикальных водотрубных конструкций. Особенностью этих установок является наличие одного или нескольких барабанов, к которым присоединяют вертикальные изогнутые трубы, образующие испарительные поверхности нагрева. В качестве топлива для газотрубных и водотрубных котлов используются газ, нефть или твердое топливо.

По приводимым в рекламных материалах (каталогах, прайс-листах, инструкциях) [2] характеристикам котлов и оборудования (производительности, расходы газа и воды, КПД, аэродинамические и гидравлические сопротивления трактов, температура газа и воды и других) очень сложно оценить тепловой режим работы и энергоэффективности котлов из-за не согласования между собой технических данных, хотя реклама обещает большие достоинства изготавливаемой и предлагаемой котельной техники (котлов, теплообменников, горелок). В частности, по значениям КПД рекламируемых котлов, которые во многом условны, имеют пороговый уровень, трудно оценить технические и экономические показатели оборудования (без проведения оценочных расчетов и режимных испытаний). Ввиду сложности выполнения расчетов для быстрой оценки и сравнения справочных и рекламных характеристик отечественных и зарубежных котлов различных заводов-изготовителей следует использовать в оценке (согласованности и правильности рекламной информации) такие удельные показатели, как кратность циркуляции, полезный удельный теплосъем, тепловое напряжение топочной камеры (в зависимости от наличия приводимых исходных технических характеристик). Нами проведена отработка предлагаемой методики расчета по укрупненным удельным показателям для оценки энергоэффективности некоторых типов и марок котлов.

В заявленных рекламных значениях КПД котлов нет однозначной зависимости их от производительности (по их типоразмерам) и не просматривается влияние на них конструктивных и режимных факторов.

Для водогрейных стальных жаротрубных (газотрубных) трехходовых котлов Подольского машиностроительного завода «ЗиО-Подольск» (марки ЗИО САБ) номинальной мощностью от 1 до 5 МВт (6-ти типоразмеров) нами получено хорошее совпадение рекламируемых значений КПД 91,5-92,5% и полученных при проверке 91,2-92,3%.

Однако для аналогичных котлов того же завода марки FR10 номинальной теплопроизводительностью от 5 до 15 МВт (6-ти типоразмеров) указанные в рекламе значения КПД 91–91,4% (может

быть и верные) не подтверждены расчетами (не согласуются с другими их расчетными характеристиками).

Получено занижение значений КПД котлов до 80–83,5%, то есть в 1,1–1,14 раз, что обусловлено возможно неправильным указанием в рекламе значений площадей поверхностей нагрева (m^2) и объемов топочных камер (m^3) и их соотношением.

Для водогрейных стальных жаротрубных трехходовых котлов марки ТУРБОТЕРМ – ГАРАНТ – ТТГ) отечественного поставщика РЕМЕКС семи типоразмеров от 1,5 до 7 МВт в рекламе указаны значения КПД не ниже 92% (при работе на природном газе ГОСТ 5542 – 87). При проверочном расчете эти значения КПД составляют 90–92,5%. Аналогичные сопоставления рекламных и расчетных технических данных проведены для других поставщиков котлов (марок и типоразмеров).

Выявлено, что на основании рекламных данных (в просмотренных каталогах) значения КПД для котлов (без их расчетной проверки) составляют:

- водогрейные:
 - водотрубные 90–91% (например, КСВа – 2,5Гс; ТГ – 3);
 - газотрубные (жаротрубные) 92–93% (КВ – ГМ – 11,63 – 150; BOSCH; PROTERM БИЗОН; ООО «Ижевский котельный завод»; ВА – 3000; «ГАЗДЕВАЙС»; «ТУРБОТЕРМ»; TRIOPREX;
- паровые
 - водотрубные 91–92% (например, типа Е4 – 25 т/ч);
 - газотрубные 89–90% (типа Е).

Правильная оценка справочных и рекламных значений КПД котлов (с использованием точных теплотехнических расчетов, режимно-наладочных испытаний, предложенной упрощенной методики) имеет принципиальное значение для обоснованного выбора их конструкций в промышленном и коммунальном использовании.

Список литературы

1. Палей Е.Л. Проектирование котельных: справ.-практ. пособие. СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. 216 с.
2. Каталог организаций (предприятий) по изготовлению и распространению котлов на отечественном рынке, 2010 – 2016 гг.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ И ДИАГНОСТИКА ПРОЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ КОТЛОВ

Кузнецова К.А. – студент, Дорофеев В.Н. – руководитель
Владимирский государственный университет
имени А.Г. И Н.Г. Столетовых

EVALUATION CRITERIA AND DIAGNOSTICS OF THE STRENGTH OF BOILER COMPONENTS

Kuznetsova K.A. (cris.kuznetsova@gmail.com)

The criteria for evaluating the strength of boiler components are given and general information on the diagnostic is given.

Приведены критерии оценки прочности элементов котлов и даны общие сведения о проведении их диагностики.

Ключевые слова: котлы, прочность.

Современные паровые и водогрейные котлы состоят из множества узлов, деталей и элементов, работающих в различных условиях и выполненных соответственно из разнообразных материалов. Наиболее ответственные элементы – пароперегреватели – работают при высоких температурах и подвергаются постоянно-му воздействию напряжений от внутреннего давления, механических нагрузок от массы элементов и коррозии от агрессивных газов, находящихся в продуктах сгорания.

Влияние механических нагрузок и коррозии на надежность элемента котла зависит от места его расположения в газовом тракте. Элементы котла, расположенные в топке, подвергаются высокотемпературной коррозии, для предотвращения или уменьшения которой применяется алитирование наружных поверхностей нагрева. Высокотемпературной коррозии подвержены также трубы пароперегревателей, в связи с чем их необходимо изготавливать из специальных легированных сталей.

Низкотемпературной коррозии в основном подвержены воздухоподогреватели. Коррозии могут подвергаться и внутренние поверхности труб, коллекторов и барабанов.

Надежный температурный режим обогреваемых труб характеризуется достаточным запасом механической прочности, отсутствием окалинообразования и допустимыми колебаниями температуры стенки. Безопасные температурные условия обогреваемых труб обеспечиваются гидравлическим режимом среды в них и компоновкой труб поверхности нагрева. Максимальная температура наружной поверхности труб не должна достигать температуры окалинообразования или температуры изменения структуры металла.

Температура стенок обогреваемых труб рассчитывается для номинальной нагрузки котельного агрегата на каждом расчетном топливе при номинальной температуре питательной воды. Температура развернутой трубы определяется по известным и упрощенным формулам [1].

Для приближенной оценки температуры стенки обогреваемых труб принимают температуру нагреваемого теплоносителя с увеличением ее на 30-70 °С.

В задачу расчета на прочность отдельных элементов источника теплоты, работающих под давлением (барабанов, круглых или прямоугольных коллекторов, труб и других элементов), входит определение толщины их стенки (конструктивный расчет) или допускаемого давления в этих деталях (проверочный расчет). Методика конструктивного и проверочного расчетов является в основном одинаковой. Разница состоит в целях расчета искомых величин.

Техническое диагностирование котлов следует проводить в период эксплуатации котла в пределах назначенного срока службы, после истечения назначенного срока службы, а также после аварии.

Котлы, подлежащие техническому диагностированию, должны быть остановлены, охлаждены, одренированы и отглушены заглушками от соседних котлов, действующих трубопроводов и других коммуникаций (пар, вода, газоходы, топливо); обмуровка и изоляция, препятствующие контролю, должны быть частично или полностью удалены; при крайней важности должны быть сооружены леса [2].

В типовых программах определены:

- основные элементы котлов, работающие в режимах, под воздействием которых могут возникать и развиваться процессы окалинообразования, усталости, эрозии, коррозии, а также процессы, вызывающие изменение геометрических размеров, структуры и механических свойств металла;

- наиболее напряженные зоны (участки) базовых элементов котла, которые в результате особенностей конструктивного исполнения или условий эксплуатации наиболее предрасположены к образованию различных дефектов;

- объёмы и методы контроля или исследования механических свойств и микроструктуры металла базовых элементов.

Типовые программы предусматривают следующие методы контроля:

- визуальный контроль;
- измерительный контроль;
- цветную дефектоскопию;
- магнитно-порошковую дефектоскопию;
- контроль толщины стенки с помощью ультразвука;
- ультразвуковой контроль сварных, заклепочных соединений, металла изгибов;
- измерение твердости переносными приборами;
- исследование микроструктуры по пробам и сколам;
- исследование химического состава, механических свойств и микроструктуры металла элементов на вырезках.

На базе типовых программ на каждый конкретный тип котла или группу котлов, работающих в одинаковых условиях, организация, выполняющая техническое диагностирование, разрабатывает индивидуальную программу диагностирования, учитывающую конструктивные особенности, конкретные условия эксплуатации, наличие или отсутствие аварий за период эксплуатации, выполненные ранее работы по ремонту или реконструкции и другие данные, полученные при анализе технической и эксплуатационной документации.

Своевременное проведение диагностики котлов (с правильным учетом критериев прочности) гарантирует продление ресурса их работы до нормативного уровня.

Список литературы

1. Лебедев В.И., Пермяков Б.А., Хаванов П.А. Расчет и проектирование теплогенерирующих установок систем теплоснабжения: учеб. пособие для вузов. М.: Стройиздат, 1992. 360 с.: ил. ISBN 5-274-01523-9
2. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов ПБ: 10-574-03 / ГОСТЕХНАДЗОР России, М.: ПИО ОБТ, 2003.

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНВЕКТИВНОЙ ЧАСТИ КОТЛОАГРЕГАТА

Горшкова Т.А. – студент, Краснова Н.П. – ст. преподаватель
ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

MODIFICATION OF CONVECTION PART OF BOILER

Gorshkova T.A. (tatyana.gorchkova@mail.ru), Krasnova N.P.

The article is devoted to boiler modification, especially it's convection part, with the goal to raise it's durability and reliability, and reducing weight of boiler itself.

Статья посвящена модернизации котла, а именно конвективной части, с целью повышения его прочности и надежности, а также уменьшения массы агрегата.

Ключевые слова: модернизация, конвективная часть котла, теплообмен.

Последние годы в России большую популярность имеют собственные источники тепла, так как экономически это более выгодно, нежели централизованное теплоснабжение. В основном, это котлы малой и средней мощности, для обслуживания небольшого количества зданий. Техника на таких источниках должна быть компактной, энергоемкой и достаточной легкой, чтобы иметь больше возможностей для установки такого аппарата.

Рассмотрим пример модернизации котла КВа-03-ГТН, а именно его теплогенерирующего элемента.

Поскольку внесение изменений в конструкцию топки котла невозможно, т.е. производителями горелочных устройств рекомендуется определенная длина (и объем) топки, необходимо найти решение в модернизации конвективной части.

Существующая конвективная часть теплогенератора состоит из двух каналов комбинированной конструкции – ошипованного участка и участка с коридорным расположением водогрейных труб (рис. 1).

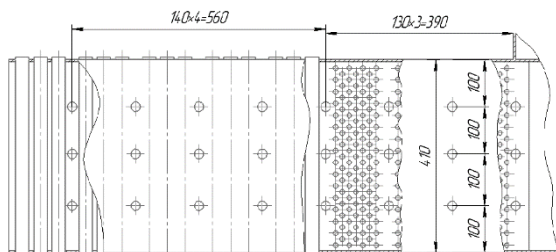


Рис. 1. Конвективная часть котла

Так как стенки канала остаются неизменными, то при подсчете массы учитывается только вес шипов и водогрейных труб. Масса такой конвективной части составляет около 45 кг. Опыт эксплуатации таких котлов показывает, что с течением времени происходит механическое разрушение мест соединения водогрейных труб со стенками канала.

Предлагается убрать водогрейные трубы, «продлив» ошипованную часть канала, с перерасчетом необходимой поверхности теплообмена со стороны газов.

Поверхность теплообмена (m^2) на данном участке рассчитывается уравнением теплопередачи

$$F = \frac{Q}{\Delta t k}.$$

Найдем температурный напор для конвективной части котла (входная температура теплоносителя $1100^\circ C$, выходная $160^\circ C$)

$$\Delta t = 379,206^\circ C.$$

Особенность расчета поверхности теплообмена сводится к определению точного коэффициента теплопередачи.

Теплообмен со стороны газов к стенке при $\frac{S_1}{S_2} < 2$ описывается уравнением

$$Nu = 0,35 \left(\frac{S_1}{S_2} \right)^{0,2} Re^{0,6} Pr^{0,36} \epsilon_t.$$

После нахождения критерия Нуссельта, при заданных условиях, подсчитываем коэффициент теплоотдачи и далее, требуе-

мую поверхность теплообмена. Зная площадь поверхности одного шипа, ищем необходимое количество шипов.

Таким образом были просчитаны различные варианты расположения шипов в 1 канале при известной скорости газов в конвективной части $w=8,27$ м/с. Результаты приведены в таблице:

$\delta_1 \times \delta_2$	$\alpha, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$	$F_{\text{шип}}, \text{м}^2$	$n_{\text{шип}}, \text{шт}$	$m_{\text{шип}}, \text{кг}$
1,5×1,5	71,608	1,91543	525	37,3503
2,5×2,0	74,876	1,78524	422	34,8123
3,0×2,0	77,656	1,68303	440	32,8192
2,5×1,5	79,31	1,62566	294	31,69

Самым оптимальным вариантом является существующая расстановка шипов в канале, т.е. 2,5×1,5. Количество шипов на одну пластину будет составлять 647 шт., а масса такого канала около 32 кг.

Подводя итоги, можно сказать, что такая замена водогрейным трубам повышает надежность и прочность конструкции, срок ее эксплуатации, также позволяет сократить количество ремонтных работ.

При неизменной мощности удалось уменьшить массу канала, следовательно, массу самого агрегата. Сфера применения такого котла очень широка – крышные котельные, частное пользование, эксплуатация на отдаленных расстояниях и т.д.

Список литературы

1. Керн Д., Краус А. Развитие поверхности теплообмена. М.: Энергия, 1977. 461 с.
2. Жукаускас А.А., Мартыненко О.Г. Интенсификация теплообмена. Вильнюс: Мокслас, 1988. 188 с.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ

Плеханов П.А. – студент, Андиянова К.В. – студент,
Осколков С.В. – ст. преподаватель
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический
университет им Г.И. Носова»

POSSIBILITIES OF USING HEAT PUMPS IN HEATING AND AIR CONDITIONING SYSTEMS

Plekhanov P.A. (pavel.plehanov.95@gmail.com),
Andriyanova K.V. Oskolkov S.V.

Задачей работы является улучшение системы отопления и кондиционирования и снижение затрат на производство тепла.

The aim of the study is to improve the system of heating and air conditioning, and reduce the cost of heat production.

Ключевые слова: энергосбережение, отопление, энергия, тепловой насос.

В настоящее время перед Россией, как и перед всем миром, остро стоят две взаимосвязанные проблемы: экономия топливно-энергетических ресурсов и уменьшение загрязнения окружающей среды. В условиях истощения запасов органического топлива и резкого повышения затрат на освоение новых месторождений становится все более нерациональным сжигание угля, газа и нефтепродуктов в миллионах маломощных котельных и индивидуальных топочных агрегатах, вызывающее большое количество вредных выбросов в атмосферу и существенное ухудшение экологической обстановки в городах и мире.

Одним из эффективных путей экономии топливно-энергетических ресурсов является использование экологически чистых нетрадиционных возобновляемых источников энергии и, в первую очередь, солнечной энергии, аккумулированной в грунте, водоемах, воздухе.

Теплонасосные системы теплоснабжения представляются одним из наиболее эффективных альтернативных средств решения проблемы.

На рис. 1 представлена схема контура теплового насоса.

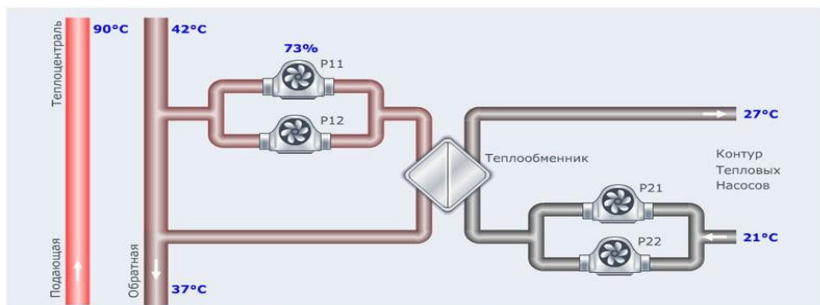


Рис. 1. Контур теплового насоса

Насос P11 или P12, оснащенный частотным преобразователем забирает воду из обратной трубы тепловой сети, прокачивает ее через теплообменник и возвращает ее в ту же трубу. Система управления регулирует скорость насоса таким образом, чтобы температура в прямой трубе контура тепловых насосов была в оптимальном диапазоне – 25–28 град.

На рис. 2 представлена схема функционирования насоса в квартире.

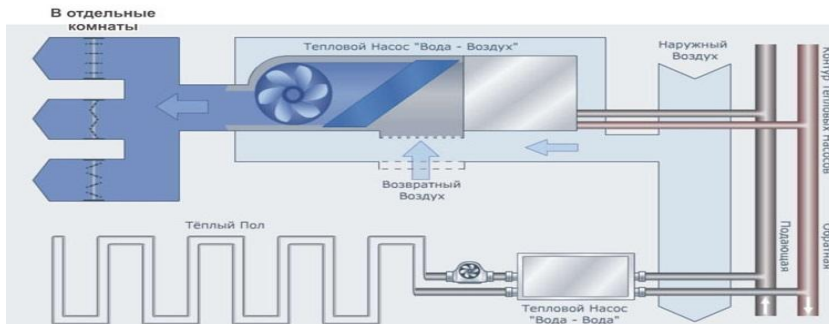


Рис. 2. Схема функционирования теплового насоса в квартире

На рис. 3 представлена схема работы теплового насоса в режиме источника тепла.

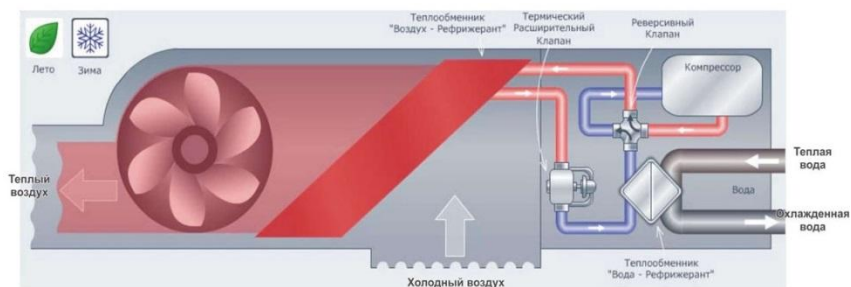


Рис. 3. Использование теплового насоса в режиме источника тепла

Все современные хладагенты имеют максимальную эффективность (отношение количества переносимого полезного тепла к количеству затраченной электроэнергии) при температуре первичного контура, близкой к комнатной температуре – 20–28°C. Это делает тепловые насосы идеальным средством отопления и охлаждения (кондиционирования) в городских условиях. При использовании низкопотенциального тепла обратных вод теплоцентралей коэффициент преобразования теплового насоса может достигать 6–7, что делает его применение особенно выгодным.

Установка бытовых тепловых насосов в квартирах позволит жителям контролировать потребление тепла по показанию электросчетчиков. Современные бытовые кондиционеры снабжаются автоматической управляющей системой, которая дает возможность пользователю программировать теплоспо потребление, такое локальное регулирование, дает снижение теплоспо потребления на 30–50%.

Список литературы

1. Голицын М.В., Голицын А.М., Пронина Н.М. Альтернативные энергоносители. М.: Наука, 2004. 159 с.
2. Андрижиевский А.А., Володин В.И. Энергосбережение и энергетический менеджмент: учеб. пособие. 2-е изд., исп. Минск: Вышэйш. шк., 2005. 294 с.

ВАРИАНТЫ СНИЖЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СОВРЕМЕННЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Кагиров Ф.К. – студент, Султанов Р.Р. – студент,
Халилов И.Х. – студент, Мамлеев А.Р. – студент,
Осколков С.В. – ст. преподаватель, руководитель
ФБГОУ ВО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г. И. Носова»

VARIANTS OF REDUCING THE THERMAL LOSS OF PUBLIC BUILDINGS USING MODERN THERMAL INSULATION MATERIALS

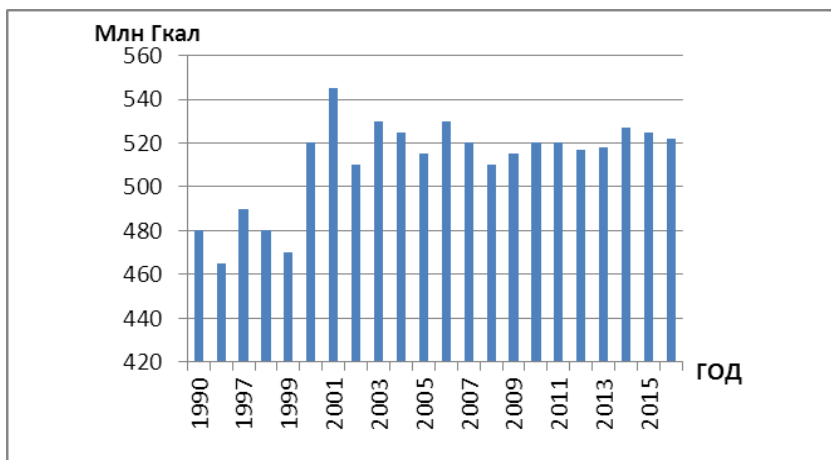
Kagirov F.K. fanil.kagirov@mail.ru, Sultanov R.R.,
Khalilov I.H., Mamleev A.R., Oskolkov S.V.

The paper considers options for reducing the heat losses of public buildings, and a solution has been proposed to reduce heat losses. This is possible with the use of modern insulating materials

В работе рассмотрены варианты снижения тепловых потерь общественных зданий, предложено решение по снижению тепловых потерь. Это возможно при использовании современных теплоизоляционных материалов.

Ключевые слова: теплоизоляция, тепловые потери, энергосбережение в общественных зданиях.

В топливно-энергетическом балансе приводятся следующие данные о потреблении населением тепла для отопления и горячего водоснабжения (ГВС) от централизованных источников (см. рисунок). На протяжении 1990-х годов потребление тепла населением сокращалось, в начале 2000-х годов оно возросло. Последние годы суммарное потребление тепла от централизованных источников составляет около 510 млн Гкал в год и не имеет выраженной тенденции изменения [2, 3].



Динамика потребления населением тепла от СЦТ

Теплопотери через отдельные наружные элементы дома различны и во многом зависят от теплоизоляционных качеств отдельных конструкций, а также их размеров. Наибольшая площадь наружных ограждений приходится на наружные стены. Поэтому их теплозащитные качества во многом определяют условия внутреннего микроклимата помещения. Чем выше сопротивление стены теплопередаче, тем меньший поток тепла через нее проходит и тем меньше теплопотери. В зависимости от конструкции стен через них теряется до 35–45%. Передача тепла через стены осуществляется главным образом вследствие теплопроводности. Количество тепла, проходящего через стену, зависит от коэффициента теплопередачи материала. Чем он выше, тем больше теплоты проходит через материал и тем хуже его теплозащита. Различные строительные материалы имеют разные коэффициенты теплопередачи. На них влияют различные факторы, в частности, плотность и влажность материала.

В работе была поставлена задача снизить теплопотери в общественных зданиях.

Основным резервом энергосбережения является снижение потребления энергоресурсов объектами жилищно-общественного назначения. Приведение теплотехнических свойств объектов к современному европейскому уровню позволит, кроме сбережения энергоресурсов, решить проблему обеспечения нормативного уровня комфорта жилой среды, отсутствие которого стало существенной социальной проблемой жильцов многоквартирных жилых домов и работников заведений социального назначения [4].

Для решения поставленной задачи были рассмотрены теплоизоляционные материалы, обладающие низкой теплопроводностью и низким содержанием вредных веществ, такие как пенополиуретан, минеральная вата, пенополистирол.

Выводы

Проведя анализ разных теплоизоляционных материалов, выяснилось, что самым эффективным оказался пенополистерол обладающий низким коэффициентом теплопроводности

$0,025 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$. При его использовании теплотери уменьшились на 60%. Также следует отметить минеральную вату, при ее использовании теплотери уменьшились на 40 %. Все они удовлетворяют требованиям «Тепловая изоляция зданий», однако также следует уточнить: пенополистирол, экструдированный пенополистирол, минеральная вата и вспененный полиэтилен выделяют токсичные вещества, концентрация которых не превышает ПДК, но обладает накопительными свойствами, что ограничивает область применения данных материалов.

Список литературы

1. Башмаков И.А. Потенциал энергосбережения в России // Энергосбережение. 2009. №1. С. 28-35.
2. Отчетный топливно-энергетический баланс РСФСР за 1990 г. Краткий расчетный ТЭБ России 1995 – 2007 гг.
3. Стат. Форма ЖКХ-22
4. Сухарев М.Ф., Майзель И.Л., Сандлер В.Г. Производство теплоизоляционных материалов. М. : Высшая школа, 1981. 231 с.
5. СНиП 2.08.02-89*. Общественные здания и сооружения.
6. Данилов О.Л. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях. М.: Московский энергетический институт (Технический университет), 2010. 188 с.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ТЕПЛОРИЗОЛИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Хамзин Р.Р. – студент, Демиденко Л.Л. – руководитель
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И.Носова»

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF MODERN TERRORIZING MATERIALS FOR REDUCING THE THERMAL LOSS OF BUILDINGS

Khamzin R.R. (rusya.khamzin.96@mail.ru),
Demidenko L.L. (demidenkoludmila@gmail.com)

In this paper, using computer simulation, the influence of modern thermal insulation materials on the heat loss of an individual residential building was assessed.

В данной работе с помощью компьютерного моделирования оценивалось влияние современных теплоизоляционных материалов на тепловые потери индивидуального жилого дома.

Keywords: heat losses, computer modeling, insulation, facing material, residential building, program.

Ключевые слова: тепловой поток, тепловые потери, компьютерное моделирование, утеплитель, облицовочный материал, жилое здание, программа.

Для оценки влияния теплоизоляционных материалов на теплотери жилого здания в соответствии с положением СНиП 23-02-003 «Тепловая защита зданий» по применению теплоизоляции в строительстве была создана компьютерная модель, реализованная на языке Visual Basic.

В СНиП 23-02-2003 установлены три показателя тепловой защиты здания: а) приведенное сопротивление теплопередаче отдельных элементов ограждающих конструкций здания; б) санитарно-гигиенический, включающий температурный перепад между температурами внутреннего воздуха и на поверхности ограждающих конструкций и температуру на внутренней поверхности выше температуры точки росы; в) удельный расход тепловой энергии на

отопление здания, позволяющий варьировать величинами теплозащитных свойств различных видов ограждающих конструкций зданий.

Наиболее важным при строительстве индивидуального жилого дома является третий показатель энергетической эффективности зданий — удельный расход тепловой энергии на отопление за отопительный период с учетом воздухообмена, теплопоступлений и ориентации зданий.

С помощью модели рассчитывалась потребность в тепловой энергии на отопление здания малоэтажной застройки из шлакоблока площадью 100 м^2 , имеющего 7 окон шириной 1,2 м, высотой 1,5 м, общей площадью $12,6 \text{ м}^2$ с тройным стеклопакетом. Толщина стен принималась 0,5 м. В [1] описан алгоритм расчета тепловых потерь для индивидуального жилого дома.

Эффективность теплоизоляции определялась с учетом размеров используемых материалов (теплоизоляций), выпускаемых промышленностью [2, 3]. В качестве теплоизоляции были выбраны и использовались при моделировании наиболее распространенные утеплители (рис. 1): минеральная вата толщиной 150 мм с коэффициентом теплопроводности $\lambda=0,036 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$, пенопласт ПВХ толщиной 50 мм ($\lambda=0,052 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$), пенополиуретан толщиной 50 мм ($\lambda=0,035 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$) и стекловата толщиной 50 мм ($\lambda=0,04 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$).

	Толщина
☒ Минеральная вата	150 см
☐ Пенопласт. ПВХ	см
☐ Пенополиуретан	см
☐ Ленточная пакля	см
☐ Стекловата	см

Рис. 1. Выбор наружного утеплителя

Для защиты поверхностей ограждающих конструкций от воздействия окружающей среды применялись различные облицовочные материалы (рис. 2).

Выбор облицовки

В начало

Толщина

☒ Керамический облицовочный кирпич 120 см

☐ Ангобированный облицовочный кирпич 0 см

☐ Сайдинг 0 см

☐ Штукатурка 0 см

Назад Далее

Рис. 2. Выбор облицовочного материала

В результате математического моделирования с различными облицовочными материалами ограждающих конструкций были получены следующие тепловые потери здания (рис. 3). Для сравнения на рисунке показан также тепловой поток без утеплителя.

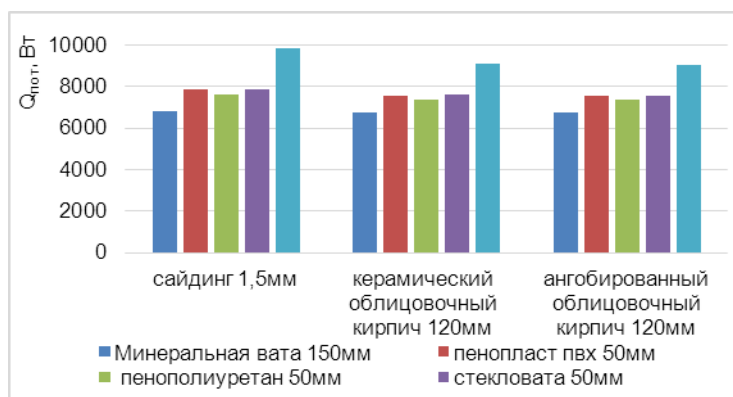


Рис. 3. Определение мощности тепловых потерь ограждающих конструкций здания

Эффективность применения теплоизоляций отображается на рис. 4, где Q – уменьшение теплового потока при применении различных видов теплоизоляций.

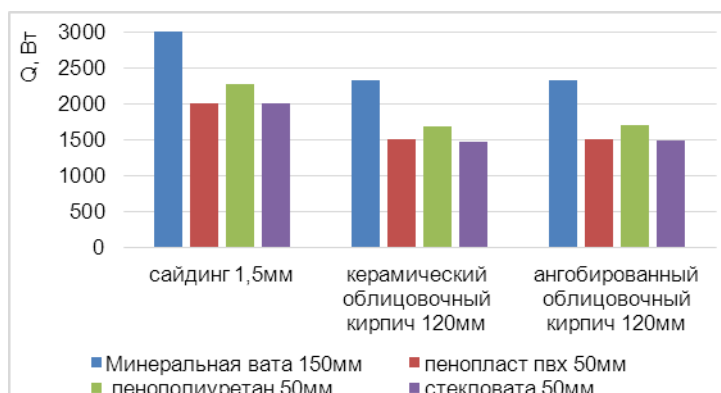


Рис. 4. Уменьшение теплового потока ограждающих конструкций здания

Таким образом, при применении тепловой изоляции тепловые потери $Q_{\text{пот}}$ малоэтажного здания уменьшаются на 1600-3000 Вт, что позволяет сократить до 30% тепловых потерь ограждающих конструкций здания.

Список литературы

1. Демиденко Л.Л., Хамзин Р.Р. Разработка программы на языке VB для расчета тепловых потерь индивидуального дома. Informative and communicative and a person: materials of the VI international scientific conference on April 15-16, 2016. Prague: Vedecko vydavalcke centrum «Sociosfera-CZ», 2016. 83 p. ISBN 978-80-7526-094-9 С.34-37
2. Горлов Ю.П., Меркин А.П., Устенко А.А. Технология теплоизоляционных материалов. М., 1980. 399 с.
3. Жуков А.Д. Технология теплоизоляционных материалов. Ч. 1. Теплоизоляционные материалы. Производство теплоизоляционных материалов: учеб. пособие. М.: МГСУ, 2011. 431с.

ТЕНДЕНЦИЯ РАЗВИТИЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В МНОГОКВАРТИРНОМ ЖИЛОМ ДОМЕ

Горбунев А.С. – магистрант,
Нешпоренко Е.Г. – к.т.н., доцент, руководитель
ФГБУ ВО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова»

THE TREND OF DEVELOPMENT OF THERMAL ENERGY IN AN APARTMENT HOUSE

Gorbunев A.S. (lexa007-93@mail.ru)
Neshporenko E.G. (neshporenkoeg@mail.ru)

The questions of increase of efficiency of use of thermal energy. An example of regulation of thermal energy with the use of automated individual heat point in a residential building.

Рассмотрены вопросы повышения эффективности использования тепловой энергии. Приведен пример регулирования тепловой энергии с применением автоматизированного индивидуально-го теплового пункта в жилом здании.

Ключевые слова: энергосбережение, тепловая энергия, автоматизированный тепловой пункт, многоквартирный жилой дом.

Энергосбережение является одной из главных проблем современной российской экономики. Важное место среди энергосберегающих мероприятий занимают повышение эффективности производства и использование тепловой энергии.

Основным документом в области энергоэффективности является Федеральный закон № 261 от 23 ноября 2009 г. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности», который регулирует отношения по энергосбережению и повышению энергетической эффективности. В законе определено, что с точки зрения экономии энергии мероприятия по повышению энергоэффективности могут быть разделены на энергетически обязательные и энергетически необязательные.

Актуальной на данный момент является замена в многоквартирных жилых домах (МКД) устаревших элеваторных узлов на ав-

томатизированные индивидуальные тепловые пункты (АИТП) и регулирование объема используемых энергоресурсов.

Объектом моего исследования является МКД, расположенный в г. Магнитогорске и потребляющий электрическую, тепловую энергию, природный газ и хозяйственно-питьевую воду.

На рис. 1 приведена структура потребления энергетических ресурсов в 2015 году.

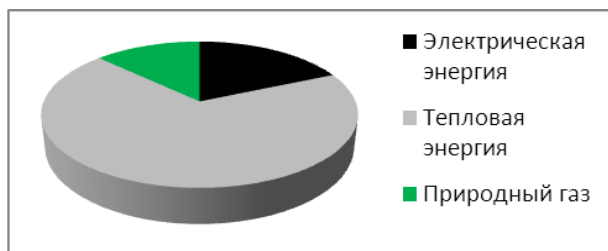


Рис. 1. Структура потребления топливно-энергетических ресурсов в 2015 г.

Из рис. 1 видно, что основным потребляемым энергоресурсом является тепловая энергия (68,64% от общего потребления ТЭР). Снижение потребления теплового ресурса даст наибольший энергетический эффект.

Одним из вариантов совершенствования системы теплоснабжения является установка регулируемого элеватора с комплексом приборов учета.

После установки регулируемого элеватора потребление тепловой энергии в 2016 году по отношению к 2015 году уменьшилось на 10,99%, т.к. с 2016 г. расчеты проводятся по прибору учета (рис. 2).

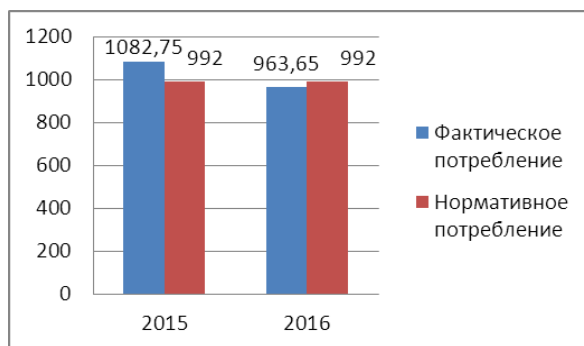


Рис. 2. Диаграмма сравнения потребления теплового ресурса в 2015 и в 2016 годах

Таким образом, установка автоматизированных систем на существующих объектах являются одним из способов повышения эффективности производства и использования тепловой энергии. Однако перевод части потребителей тепловой энергии на независимую схему теплоснабжения с использованием АИТП может стать причиной дисбаланса в сетях теплоснабжения. Поэтому на данный момент основными задачами являются: во-первых, создание интегрированных автоматизированных систем управления тепловыми процессами на стадии производства, распределения и потребления тепловой энергии, и, во-вторых, оптимизация режимов потребления тепловой энергии, начиная с источника тепловой энергии и заканчивая конкретным потребителем тепловой энергии.

УДК 620.9

ТЕПЛОЗАЩИТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Левашов С.А. – студент, Бакрунова Т.С. – к.т.н., доцент
ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

HEAT PROTECTION OF BUILDINGS AND STRUCTURES

serec69@gmail.com

The main goal of my report is to show that it is more efficient and cheaper to build houses with two-layer walls than with single-layer walls.

Ключевые слова: энергосбережение, теплота, теплозащита, теплоизоляция.

Из года в год требования по теплозащите зданий и сооружений, промышленного оборудования и трубопроводов ужесточаются. Связано это в первую очередь со спросом на качественное утепление зданий и фасадов.

Современные теплотехнические расчёты утепления домов показывают, что эффективнее и дешевле всего строить дома с двухслойными стенами, нежели с однослойными. Рассматривая многослойные стены, можно сделать вывод, что первый слой даёт стене прочность, второй – защищает сооружение от холода, тре-

тий обеспечивает быструю просушку стены после строительства и, соответственно, четвёртый защищает от ультрафиолетовых лучей или просто сделает стену красивой. К основным достоинствам можно отнести: огнестойкость, простоту материалов, возможность строить дома в течении всего года (несмотря на климат и непогоду). Благодаря лёгкости изоляции, масса стены получается небольшой. Важно отметить, что многослойные стены не нужны в районах с мягким климатом и не морозной зимой.

В наше время существует много вариантов конструкций многослойных стен. Важно отметить, что единственным технологически правильным многослойным вариантом стены является двухслойная стена из наружного слоя утепления и внутреннего несущего. В качестве несущей части стены используется тяжелый холодный каменный материал. Наружный слой утепляет, внутренний несет, стабилизирует температуру.

Наиболее простым с точки зрения ошибок в утеплении является использование однослойной стены. Их делают из таких материалов, как кирпич, газосиликат, пенобетон. Они просты, технологически понятны и их невозможно сделать неправильно или испортить. Двухслойные же стены всегда нуждаются в грамотном расчете. Такие стены должны делать более грамотные застройщики. В них важно контролировать паропроницание. Наружный слой всегда должен быть более паропроницаемым, чем внутренний, потому что изнутри наружу, как правило, из более влажного теплого помещения зимой наружу выходит пар. Он беспрепятственно должен выходить в среду, разряженную по пару.

Список литературы

1. Исаченко В.П. Теплопередача: учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Энергия, 1975. 488 с.
2. Стройка: Из чего строить дом: Однослойная стена из кирпича или двухслойная из кирпича и утеплителя [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://athunder.livejournal.com/127135.html>

ОПТИМИЗАЦИЯ ТОЛЩИНЫ ИЗОЛЯЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Ромаданов Р.А. – студент, Бакрунова Т.С. – к.т.н., доцент
ФГБОУ ВПО «Самарский государственный технический университет»

OPTIMIZATION OF THE THICKNESS OF THE INSULATION OF PIPELINES OF HEAT NETWORKS

Romadanov R.A. (romik-samara@mail.ru),
Bakrunova T.S. (pt@samgtu.ru)

It is shown that there exists an optimal variant the insulation of pipelines of heat networks, which corresponds to the minimum flow rate of the insulating material.

Показано, что существует оптимальный вариант изоляции трубопроводов теплосетей, которому соответствует минимальный расход изоляционного материала.

Ключевые слова: теплосети, нормативные потери тепла, изоляция, оптимизация.

Расчет толщины тепловой изоляции трубопроводов обычно осуществляется по нормативной (максимально допустимой) линейной плотности теплового потока. Эта величина устанавливается в соответствующих нормативных документах [1].

Для двухтрубной тепловой сети в случае ее подземной прокладки (бесканальной и канальной) тепловые потери нормируются суммарно по подающему и обратному трубопроводу. В этом случае рекомендуется [3] толщину изоляции принимать одинаковой для обоих трубопроводов. Однако распределение суммарных потерь между подающим и обратным трубопроводами можно реализовать не единственным образом. Очевидно, что величина q_1/q_2 влияет на соотношение толщин изоляции δ_1 и δ_2 этих трубопроводов, а значит, и на суммарный расход изоляционного материала.

Чтобы установить это влияние, были выполнены расчеты тепловых потерь на конкретном примере двухтрубной водяной теплосети $\varnothing 426$ мм, проложенной в непроходном канале, при сле-

дующих исходных данных: среднегодовая температура воды в подающем трубопроводе $t_1 = 90^\circ\text{C}$, в обратном $t_2 = 50^\circ\text{C}$, коэффициент теплопроводности изоляции $\lambda = 0,055 \text{ Вт/(м·град)}$. Конструктивные характеристики канала и его термическое сопротивление были взяты из аналогичной задачи [2, с. 51].

Для различных толщин изоляции были вычислены тепловые потери как для подающего, так и для обратного трубопровода. Также вычислялся объем изоляционного материала для подающего трубопровода V_1 , обратного V_2 и суммарный расход изоляции $V = V_1 + V_2$ в расчете на 1 м трубы.

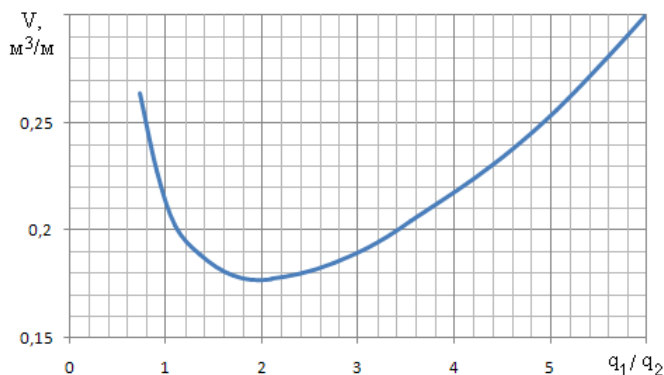
Из выполненных расчетов выбирались такие пары вариантов, для которых суммарные потери $q = q_1 + q_2$ составляли нормативное для данного случая значение, а именно: 96 Вт/м [1]. Результаты этой выборки представлены в таблице.

δ_1 , мм	δ_2 , мм	q_1 , Вт/м	q_2 , Вт/м	V_1 , м ³ /м	V_2 , м ³ /м	q_1/q_2	V , м ³ /м
51	160	85,03	11,49	0,076387	0,294406	7,398	0,37079
55	104	80,15	15,86	0,083069	0,173077	5,053	0,25615
60	72	74,87	21,09	0,091562	0,112588	3,550	0,20415
63	63	72,06	23,42	0,096734	0,096734	3,077	0,19347
65	56	70,32	25,68	0,100213	0,084755	2,738	0,18497
72	44	64,91	31,00	0,112588	0,064935	2,094	0,17752
79	37	60,37	35,44	0,125270	0,053791	1,704	0,17906
89	31	55,03	40,54	0,143922	0,044484	1,357	0,18841
100	26	50,30	46,21	0,165164	0,036901	1,089	0,20206
115	23	45,21	50,51	0,195355	0,032427	0,895	0,22778
134	20	40,30	55,77	0,235626	0,028009	0,723	0,26363

Как видно из представленных данных, нормативное значение суммарных тепловых потерь имеет место при различных сочетаниях толщин изоляции подающего и обратного трубопроводов. Однако суммарный расход изоляции при этом разный.

Для большей наглядности по данным таблицы построен график зависимости суммарных затрат изоляционного материала $V \text{ м}^3/\text{м}$ от соотношения q_1/q_2 . Из графика видно, что кривая имеет минимум. Это значит, что существует некоторое оптимальное зна-

чение $(q_1 / q_2)_{\text{опт}}$, которому соответствует наименьший расход изоляционного материала. Для данного примера $(q_1 / q_2)_{\text{опт}} = 2,0$. Вероятно, расчеты при других исходных данных дадут иные значения оптимального соотношения. Однако принципиально важно то, что этот оптимум существует.



Из приведенных данных следует, что оптимальный вариант дает экономию изоляционного материала около 8% по отношению к варианту равных толщин (четвертая строка таблицы).

Поэтому при необходимости вести расчеты тепловой изоляции по суммарным нормативам следует ориентироваться на оптимальное соотношение потерь между подающим и обратным трубопроводами, а не принимать толщины изоляции одинаковыми для обоих трубопроводов. Это может дать заметную экономию изоляционного материала.

Список литературы

1. СНиП 41-03-2003. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов / Госстрой России. М.: ГУП ЦПП, 2004.
2. Копко В.М. Теплоизоляция трубопроводов теплосетей. Минск: УП Техноимпорт, 2002. 160 с.
3. СП 41-103-2000. Проектирование тепловой изоляции оборудования и трубопроводов. М.: Госстрой России, 2001.

РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ТЕПЛОВОЙ ПУШКИ В СРЕДЕ VBA

Бикмухаметова К.М. – студент,
Демиденко Л.Л. – научный руководитель, к.т.н., доцент
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова»

CALCULATION OF POWER OF HEAT GUN IN THE VBA ENVIRONMENT

Bikmukhametova K.M. (bikmuhametova.kseniya@mail.ru),
Demidenko L.L. (demidenkoludmila@gmail.com)

The article describes the algorithm for calculating the power of a heat gun taking into account the quality of the thermal insulation of premises, implemented in the VBA language.

В статье описывается алгоритм расчета мощности тепловой пушки с учетом качества теплоизоляции помещений, реализованный на языке VBA.

Ключевые слова: тепловая пушка, тепловая мощность, энергоноситель, коэффициент рассеивания теплоты, теплоизоляция, алгоритм, программа.

Keywords: thermal gun, thermal power, energy carrier, heat dissipation factor, heat insulation, algorithm, program.

Тепловые пушки обладают достаточно высокой теплоотдачей и являются наиболее эффективными в тех случаях, когда в помещении отсутствует стационарное отопление, – для обогрева жилых, производственных, складских помещений, гаражей, теплиц, павильонов и т.п.

Для расчета параметров тепловой пушки был разработан алгоритм расчета тепловой пушки и написана программа на языке VBA, которая определяет ее необходимый объем и мощность в зависимости от требуемой температуры и типа теплоизоляции зданий. На рисунке показана разработанная форма, в которой пользователями вводятся необходимые исходные данные.

По тепловой мощности пушки разделяются на промышленные и бытовые. Тепловая мощность характеризует производи-

тельность нагревательного прибора. По источнику энергии - на электрические, газовые, инфракрасные, дизельные, многотопливные и водяные; в зависимости от используемого источника энергии – газ, жидкое топливо, электричество. Жидкотопливные пушки классифицируют по принципу обогрева помещения – прямого или непрямого.

Расчет мощности тепловой пушки

Вид пушки:

Средняя температура на улице: °C

Коэффициент качества теплоизоляции:

Требуемая температура: °C

Введите ширину, длину и высоту помещения

Ширина: м

Длина: м

Высота: м

Расчитать

Расчетные данные

Изменение температуры: °C

Объем пушки: м³

Мощность тепловой пушки: кВт

Очистить

Выход

Диалоговое окно расчета мощности тепловой пушки

Многотопливные пушки работают на жидком топливе, в частности на отработанном масле: моторном, гидравлическом и т.д. КПД этих приборов достигает 100%. Бесперебойная работа, в зависимости от модели, может быть порядка 10-15 ч, а при наличии термостата – до суток.

Мощность жидко-топливных (дизельных и многотопливных) агрегатов может достигать 200-220 кВт, дизельные пушки более мощные, при этом приборы непрямого нагрева значительно слабее <100 кВт. В дизельных пушках непрямого нагрева продукты горения выводятся через газоотвод за пределы помещения.

Диапазон тепловой мощности газовых тепловых пушек – от 10 до 100-150 кВт. Газовые пушки могут работать как от магистрального газопровода, так и на баллоном газе (пропан, бутан). Их КПД – 100%.

Максимальная мощность инфракрасных пушек – 40-50 кВт. Конструктивной особенностью данных агрегатов является отсутствие вентиляторов, т.к. тепло передается в виде излучения.

Тепловая мощность электрических тепловых пушек может варьироваться в зависимости от модели до 100 кВт. При этом у многих моделей предусмотрена возможность ступенчатого регули-

рования мощности нагрева в соответствии с потребностями пользователя в текущий момент. Электрические нагреватели мощностью до 5 кВт относят к бытовым, а свыше 5 кВт – к промышленным. Этот тип приборов наиболее экологичен и безопасен.

Водяная тепловая пушка в качестве нагревательного элемента использует теплообменник, заполненный горячей водой из системы центрального отопления. Тепловая мощность прибора – до 180 кВт.

Объем помещения, в котором размещена тепловая пушка, рассчитывается по формуле

$$V = b \times l \times h,$$

где V – объем помещения, м³; b – ширина помещения, м; l – длина помещения, м; h – высота помещения, м.

Для расчета мощности необходимо знать ΔT – разность между средней температурой окружающей среды t_1 , °С и температурой t_2 , °С, до которой должно прогреться помещение. При выборе значения внутри помещения можно ориентироваться на значения из СНиП, согласно которым температура в общественных зданиях и производственных цехах должна быть не ниже +18 °С, а на складах – не ниже +12 °С.

Коэффициент рассеивания теплоты k характеризует качество теплоизоляции помещения, он выбирается из указанного диапазона значений на основе информации о конструктивных особенностях здания. Качество теплоизоляции помещения складывается из качества изоляции отдельных конструктивных элементов (стен, пола, крыши), количества, размера и качества утепления окон и дверных проемов, частоты открывания дверей в единицу времени и др.

Все помещения условно можно разделить на несколько групп:

$k = 0.6-1.0$ – хорошая теплоизоляция (толстое основание пола, кирпичные стены с двойной теплоизоляцией, крыша утеплена с использованием качественного теплоизоляционного материала, небольшое количество окон с двойными рамами);

$k = 1.0-2.0$ – средняя теплоизоляция (двойная кирпичная кладка стен, стандартная кровля, небольшое количество окон);

$k = 2.0-3.0$ – плохая теплоизоляция (упрощенная конструкция здания, одинарная кирпичная кладка стен без применения теплоизоляционных материалов, одинарные рамы окон – гаражи, хозяйственные и т.д.);

$k = 3.0-4.0$ – отсутствие теплоизоляции (упрощенные деревянные или сделанные из гофрированного металлического листа конструкции – сараи, ангары и т.д., а также открытые и полукрытые площадки).

Тепловая мощность рассчитывается:

$$Q = k \times V \times \Delta T,$$

где Q – необходимая тепловая мощность, кВт; k – коэффициент рассеивания тепла; V – объем помещения, м³; ΔT – разница температур, °С.

УДК 621.646.616

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ ШАРОВЫХ КРАНОВ

Ярыгин В.А. – магистрант, Бакрунова Т.С. – к.т.н., доцент
ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

THE SUBSTITUTION OF BALL VALVES

Yarigin V.A. (vadim1.9.9.4@mail.ru), Bakrunova T.S. (pt@samgtu.ru)

The aim of the work is to analysis of the possibilities of import substitution of ball valves.

Целью работы является анализ возможности замещения импортных шаровых кранов отечественными.

Ключевые слова: импортозамещение, шаровой кран.

В последнее время в связи с известными событиями на международной арене и введением США и странами западной Европы экономических санкций против России руководство страны озаботилось вопросом развития производственной базы внутри страны. Российские производители осваивают новые технологии, наращивают производство за счет заказов крупных компаний и постепенно сокращают долю государственных закупок оборудования и материалов за рубежом.

Существуют некоторые проблемы, в связи с которыми определенный процент арматуры приходится на зарубежных производителей. В первую очередь, это сильная зависимость предприятий

от продукции иностранного производителя. С приходом кризиса основные заказчики запорно-регулирующей и трубопроводной арматуры умерили свои потребности, однако резко сменить поставщиков – задача не из легких. Дело в том, что зарубежные производители, например, латунных шаровых кранов часто демпинговали и продавали латунь по заниженной цене. Так, Китай продавал латунь по 2 \$ за кг, Италия — по 1,5 \$, в то время как в России цена килограмма металла доходила до 10 \$. Кроме того, доля поставки импортного оборудования из латуни еще в 2013 году находилась на уровне 99 %.

Тем не менее программа по импортозамещению затронула и предприятия по производству шаровых кранов. Так, ООО «Самароволгомаш» освоило новую технологию по производству стальных запорных шаровых кранов, а в линейку АО «Волгограднефтемаш» теперь входит электропривод шарового крана DN 300, PN 12,5 МПа взамен импортных приводов. Завод также завершает работы по подготовке производства к выпуску электрогидроприводов для шаровых кранов DN 700, 1000, 1200, 1400 мм. Кроме того, АО «Волгограднефтемаш» внедрил метанолостойкий шаровой кран DN 200 с мягким уплотнением затвора (взамен кранов RMA), адаптированный для природных условий России. Успешным примером политики по импортозамещению также является ООО «Темпер», представители которого продемонстрировали на заседании Научно-технического совета ГУП «ТЭК СПб» образцы новой шаровой арматуры, чье качество, по оценкам экспертов, превзошло импортные аналоги в несколько раз. Арматурный завод в Челябинске «АЛСО» освоил новые шаровые краны типа RS из бесшовной трубы со строительной длиной по стандарту DIN.

Крупные предприятия — заказчики шаровых кранов сами стимулируют внедрение продукции отечественного производства очень активно и демонстрируют заинтересованность в качественном российском оборудовании. Так, АО «Газпром» и другие нефтегазовые комплексы организуют конкурсные мероприятия, по результатам которых осуществляют заказы трубопроводной арматуры у отечественных производителей.

На создание импортозамещающего производства в Челябинской области Объединенная металлургическая компания выделит около 4,5 млрд руб. инвестиций. Завод «Трубодеталь» (входит в ОМК) и «Газпром» подписали долгосрочный договор на поставки шаровых кранов специального назначения, которые сейчас импортируются монополией.

ОМК создаст на Южном Урале новое производство в 2016–2018 годах. Оно будет состоять из комплекса высокоточного металлообрабатывающего, контрольно-измерительного и испытательного оборудования.

тельного оборудования, оборудования для нанесения сверхзвукового газопламенного напыления и других высокотехнологичных процессов.

ОМК планирует локализовать производство шаровых кранов в России к 2021 г. «Это позволит оснащать современной российской продукцией месторождения по добыче газа в условиях с повышенным содержанием агрессивных компонентов, в том числе на шельфе. Кроме того, отечественные комплектующие будут шире использоваться в сегментах транспортировки газа, включая компрессорные станции с повышенными требованиями к надежности и давлению, а также в переработке, в том числе в СПГ-проектах и на газоперерабатывающих заводах», – отметили в компании.

Таким образом, несмотря на некоторые недостатки, перспективы политики по импортозамещению в области производства шаровых кранов преимущественно положительные.

Список литературы

1. Импортозамещение шаровых кранов: проблемы и перспективы [Электронный ресурс]. М. 2015. Режим доступа: <https://valve-expert.ru/news/analitika/importozameshchenie-sharovykh-kranov-problemy-i-perspektivy/>
2. Импортозамещение трубопроводной арматуры [Электронный ресурс]. М. 2016. Режим доступа: <http://neftegaz.ru/analysis/view/8447-Importozameschenie-truboprovodnoy-armatury>

УДК 697.239

ОЦЕНКА РАБОТЫ ЭЛЕВАТОРНЫХ УЗЛОВ ЖИЛОГО ДОМА

Слонич К.А. – магистр, Дорофеев В.Н. – руководитель
Владимирский государственный университет
имени А.Г. и Н.Г. Столетовых

ASSESSMENT OF THE WORK OF THE CONSTRUCTION OF RESIDENTIAL BUILDING SITES

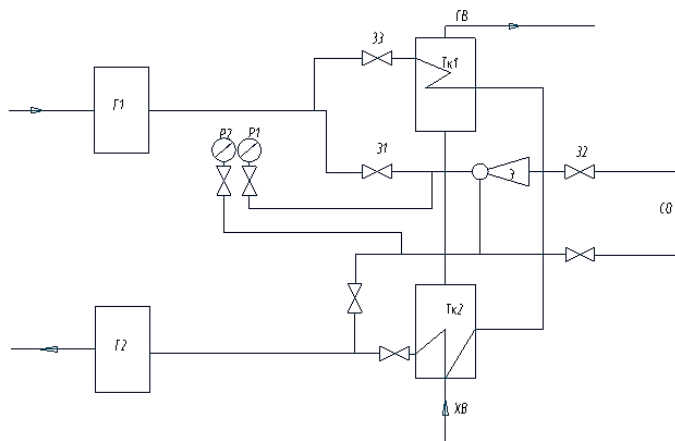
К.А. Slonich (hestjke@gmail.com)

In this work, the estimation operation of the Elevator system of heating homes. And also suggested measures to improve the thermal unit.

Ключевые слова: элеваторный узел, теплоснабжение.

Целью данной работы является оценка работы элеваторного узла жилого дома, расположенного по адресу: г. Владимир, ул. Добросельская, 161-б.

Элеватором в системе отопления называют специальное устройство, основное назначение которого – обеспечение оптимального давления внутри системы, а также установление допустимой температуры воды (теплоносителя). Принципиальная схема элеваторного узла изображена на рисунке.



Принципиальная схема элеваторного узла

Оценка работы элеватора проводилась в тепловом узле дома, расположенного по адресу: г. Владимир, ул. Добросельская, 161-б.

Признаки появления шума в элеваторном узле:

- шум при $\Delta P = P_1 - P_2 = 8 - 4 = 4 \text{ кгс/см}^2$; не шумит при $\Delta P = 6 - 4 = 2 \text{ кгс/см}^2$ (при закрытии задвижки 31);
- не шумит при отключении СО (задвижкой 32), начинает шуметь через 30 мин после включения системы отопления (при открытии задвижки 32);
- летом при работе ГВС шума нет (при отключении СО);
- при закрытии задвижки 33 (для отключения ГВС) могло подняться давление P_1 , что опасно для СО верхних этажей (поэтому это переключение не выполняли);
- по сведениям ответственного лица за состояние элева-торного узла измеренный уровень шума в помещении узла соот-ветствовал допустимым нормам (75 дБ);

- по тем же сведениям была произведена разборка элеватора, очистка его внутренних полостей, замена сопла на диаметр $D_c = 6$ мм. При повторном включении узла в работу через 40-60 мин шум возобновился.

По результатам первой проверки теплового узла были разработаны рекомендации по дополнительной проверке признаков шума:

1. Увеличить диаметр сопла на один размер, например, до 8-10 мм (от существующего значения 6-8 мм), а задвижку 31 прикрыть, чтобы понизить ΔP до меньшего значения (при положительном эффекте при проверке результата включить его в перечень Предложений).

2. Увеличить нагрузку на ГВС (кратковременным увеличением разбора воды), при этом должны снизиться P_1 и ΔP (только для проверки эффекта).

3. Проверить заполнение труб водой и влияние воздуха, поступившего в трубы (по какой-либо причине), на движение воды.

4. Проверить чистоту внутренних полостей трубопроводов, грязевиков, арматуры узла (с точки зрения наличия грязи, посторонних тел).

5. Проверить соосность элементов элеватора (сопла, горловины, диффузора).

Примечание. При выполнении переключений на элеваторном узле (для проверки той или иной рекомендации) фиксировать значения параметров воды.

По результатам обследования теплового пункта жилого здания были разработаны предложения по улучшению схемы и режимов работы элеваторного узла:

- 1) исследовать гидравлический режим элеваторного узла (путем проведения измерений давления, температуры, расхода воды в нескольких точках схемы);

- 2) выполнить гидравлический расчет трубопроводов элеваторного узла (с определением скоростей и расходов воды в различных точках схемы) и системы отопления дома; оценить скорости движения воды в местных сопротивлениях (например, при резком изменении диаметров труб);

- 3) прикрыть задвижку 31 для уменьшения $\Delta P = P_1 - P_2$ и увеличить диаметр сопла элеватора до требуемого значения (после уточненного расчета);

- 4) вместо элеватора установить циркуляционный насос (бесшумный) с трехходовым краном (на перемычке или подающем (обратном) трубах) после выполнения соответствующего расчета;

5) улучшить звукоизоляцию перекрытия помещения и трубопроводов узла в местах прохода труб через стены и перекрытия (с заделкой зазоров упругой мастикой);

6) установить звукоизолирующие гибкие вставки во фланцевых соединениях узла.

Список литературы

1. СП 41-101-95. Проектирование тепловых пунктов.
2. Назарова В.И. Современные системы отопления. М.: РИПОЛ классик, 2011. 320 с.
3. Сотников А.Г. Полный комплекс требований, исходных данных и расчетной информации для СО, СПВ, СКВ, СГВС и СХС. М., 2013. Т. 2.
4. Мадорский Б.М., Шмидт В.А. Эксплуатация центральных тепловых пунктов, систем отопления и горячего водоснабжения. М.: Стройиздат, 1971. 168 с.

УДК 697.239

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СПОСОБА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ С ПОМОЩЬЮ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ ГРУНТА

Сухарев М.С. – студент, Дорофеев В.Н. – руководитель
Владимирский государственный университет
имени А.Г. И Н.Г. Столетовых

ANALYSIS OF EFFICIENCY OF THE METHOD OF HEAT SUPPLY OF CIVILIAN BUILDINGS BY GEOTHERMAL ENERGY OF THE GROUND

Suharev M.S. (suhareff.maksim@mail.com)

The possibility of development and introduction of an innovative method of using thermal energy of the soil with the help of a system of geosondes of various designs (including RENAУ RAUGEO), which allows to heat buildings in cold weather, and to cool in the hot season is considered.

Рассмотрена возможность развития и внедрения инновационного способа использования тепловой энергии грунта с помо-

щью системы геозондов различных конструкций (в т.ч. RENAU RAUGEO), позволяющая отапливать здания в холодное время, и охлаждать в жаркое время года.

Ключевые слова: энергия грунта, теплоснабжение.

Выделяем три этапа использования энергии грунта: 1) при строительстве новых сооружений частных домов коттеджного типа; 2) в жилых комплексах, коттеджных поселках и офисных зданиях с низким уровнем энергопотребления, а также при реконструкции существующих зданий; 3) установка геозондов и грунтовых теплообменников (например, AWADUKT Thermo) для больших зданий и сооружений;

Данная схема применения (в частности геозондов RENAU RAUGEO HELIX), является разновидностью тепловых аккумуляторов и актуальна в плане использования нетрадиционных источников энергии.

В связи с ростом тарифов на газ на 16% и более предпочтительно применение технологий, позволяющих значительно снизить энергозатраты и более рационально подойти к строительству нового жилья. Использование нетрадиционных (возобновляемых) источников энергии позволяет уменьшить расходы на обеспечение здания теплом и наладить автономное энергосбережение без привязки к центральным магистралям. В экологическом плане это дает освобождение окружающей среды от вредных выбросов углекислого газа CO_2 .

Способ использования тепловой энергии грунта посредством системы RAUGEO HELIX является менее затратным при реализации, при более быстрой окупаемости вложенных средств по сравнению с другими типами зондов.

Принцип действия геотермального теплового насоса основан на сборе тепла из почвы или воды и передаче в систему отопления здания. Для сбора тепла незамерзающая жидкость течет по трубе, расположенной в почве или водоеме возле здания, к теплового насосу. Тепловой насос (подобный холодильнику), охлаждает жидкость (отбирает тепло), при этом жидкость охлаждается приблизительно на 5°C . Жидкость снова течет по трубе в наружном грунте или воде, восстанавливает свою температуру и приступает к теплового насосу. Отобранное тепловым насосом тепло передается системе отопления и на подогрев горячей воды. Возможно отбирать тепло у подземной воды – подземная вода с температурой около 10°C подается из скважины к теплового насосу, который охлаждает воду до $+1...+2^{\circ}\text{C}$, и возвращает воду под землю.

При работе теплового насоса (например, в процессе выделения тепла из грунта, имеющего температуру около плюс 8°C) осуществляется теплообмен между тремя контурами (тепловыделяющий, земли, теплового насоса, отопительный).

Собственно тепловой насос представляет собой устройство, внутри которого происходит рост температуры рабочего тела с +8 до +75°C.

Тепловой насос состоит из: компрессора, теплообменника передачи тепла внутреннего контура системе отопления, дроссельного устройства для понижения давления, рассольного контура и земляного зонда, контура отопления (и ГВС). Первичный контур – это полиэтиленовая труба U-образной или спиральной формы, погруженная в скважину. По трубе циркулирует незамерзающая жидкость. В результате циркуляции ко второму контуру теплового насоса поступает жидкость с температурой +8°C (температура земли). Жидкость передает свою температуру (+8°C) второму контуру. Во втором контуре циркулирует фреон, который при температуре выше 3°C из жидкого состояния переходит в газообразное. Далее газообразный фреон поступает в компрессор, где сжимается с 4 до 26 атм; при таком сжатии он нагревается от +8 до +75°C.

Энергия газа (фреон), разогретого до +75°C, передается в третий контур – систему отопления и горячего водоснабжения дома. В процессе передачи энергии газа третьему контуру после потерь (10-15°C), отопительный контур нагревается до температуры 60-65 С.

Газ (фреон), отдав свою энергию отопительному контуру, остывает до 30-40 С. При этом он по-прежнему находится под давлением в 26 атм. Затем происходит снижение давления до 4 атм (эффект дросселирования). В результате падения давления происходит значительное охлаждение газа (до 0-3°C в жидком состоянии). Температура фреона 0-3°C передается теплоносителю первичного контура, который уносит ее вглубь земли. Проходя по скважине, теплоноситель нагревается и выходит на поверхность земли с температурой +8°C, которая опять подается на второй контур.

Для передачи тепла из третьего контура теплового насоса окружающего воздуха помещений может быть использовано системой панельно-лучистого отопления и охлаждения (тип. RENAURATHERMS), которая встраивается в ограждающие конструкции или прикрепляются к ним (в виде «тепловых» полов, потолков, стен).

Анализ геотермальных систем теплоснабжения жилых объектов показывает их следующие преимущества:

1. Экономичность. Реальные показатели таковы: при затратах 1 кВт электроэнергии для работы насоса получаем 5-6 кВт тепловой энергии. Кубометр газа дает на выходе почти столько же – 7-8 кВт тепла. При нынешних ценах на газ полученная экономия при использовании теплоты грунта составляет 15-18%.

2. Низкие показатели теплопотерь. При транспортировке по традиционным трубопроводам около 10-25% энергии «теряется в пути». Предлагаемая инновационная система сводит возможные теплопотери до нуля.

3. Автономность и повсеместность применения системы. Использовать энергию грунта можно в любом коттеджном поселке.

По результатам мониторинга ряда внедренных систем теплоснабжения на основе использования геотермальной энергии этот метод с применением (теплого насоса в совокупности с системой Helix-зонда RAUGEO и системы панельно-лучистого отопления и охлаждения RENAU RAUTHERMS) обладает хорошей эффективностью.

Получается, что при использовании геотермальной энергии цена 1 кВт мощности на 15-18% ниже, чем при традиционном подходе. Кроме того, на объектах ЖКХ потери энергии при транспортировке по трубопроводам составляют более 10-25%.

В традиционные системы отопления должен подаваться теплоноситель температуры 90-70°C. При использовании системы RENAU температура теплоносителя может уменьшиться до 30-40°C. Экономия по эксплуатации в таком случае составит 20-25%.

Список литературы

1. Васильев Г.П. Энергоэффективные здания с теплонасосными системами теплоснабжения // ЖКХ. 2002. №12. С. 14-16.
2. Руководство по применению тепловых насосов с использованием вторичных энергетических ресурсов и нетрадиционных возобновляемых источников энергии / Москомархитектура. ГУП "НИАЦ". М., 2001. 60 с.
3. https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=19

ПОДГОТОВКА ВОДЫ ДЛЯ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Мартынов В.Д. – студент, Дорофеев В.Н. – к.т.н., кафедра ТГВиГ
Владимирский государственный университет
имени А.Г. и Н.Г. Столетовых

PREPARATION OF WATER FOR NETWORKS OF HOT WATER SUPPLY AND HEATING

Martynov V.D. (martynoff.vladislav2012@yandex.ru)

To make up the heating networks, deaerated water or water with stabilized stiffness should be used. To process the make-up water of heat networks, depending on the parameters of the heating medium, thermal deaerators of the atmospheric or vacuum type are used.

Для составления тепловых сетей следует использовать деаэрированную воду или воду со стабилизированной жесткостью. Для обработки подпиточной воды тепловых сетей в зависимости от параметров теплоносителя используются термические деаэраторы атмосферного или вакуумного типа.

Ключевые слова: подготовка воды, деаэрация.

Для обеспечения надежной, долговечной и безаварийной работы системы теплоснабжения необходима качественная подготовка сетевой и подпиточной воды. Особенно важное значение имеет водоподготовка в открытых системах теплоснабжения, где расход подпиточной воды велик, поскольку он восполняет кроме утечек воды из сети также расход воды на горячее водоснабжение [1, 2].

Основными критериями выбора схемы водоподготовки для котла являются его рабочее давление, температура и конструкция, причем чем выше давление (и температура), тем более серьезные требования предъявляются к очистке воды.

Этапы водоподготовки, их последовательность зависят от конкретного вида и концентрации примесей в источнике водоснабжения, а также желаемого качества воды. Основные проблемы возникающие в паровых и водогрейных системах со стороны воды: коррозия; накипеобразование; формирование отложений.

Для воздействия на эти процессы существуют следующие механизмы: внешняя и внутренняя обработка потоков воды; продувка (для поддержания определенного уровня солесодержания и концентрации химикатов в котловой воде по отношению к питательной воде).

Подпиточная вода не должна вызывать накипеобразования и шламовыделения в подогревателях, трубопроводах и местных системах, а также коррозию металла. В открытых системах подпиточная вода должна согласно требованиям санитарного надзора соответствовать ГОСТ 2874-82* «Вода питьевая» по всем показателям, кроме температуры.

Необходимость более глубокой обработки подпиточной воды в системах с пиковыми водогрейными котлами объясняется более высокой температурой поверхности нагрева котлов по сравнению с пароводяными подогревателями.

Опыт эксплуатации открытых систем теплоснабжения показывает, что при повышенной окисляемости сетевой воды в застойных зонах системы возникают сульфидные загрязнения, сообщающие воде неприятный запах и цветность.

Для удовлетворения норм ПТЭ вода, используемая для подпитки тепловых сетей и СЦТ, должна быть предварительно обработана.

Умягчение воды. Снижение карбонатной (временной) жесткости воды, используемой для подпитки тепловых сетей, производится в большинстве случаев в катионитных фильтрах, т.е. фильтрах, заполненных катионными материалами (сульфоуголь, сильнокислотный катионит КУ-2-8, леватит 8-100 и др.).

Деаэрация воды. Внутренняя коррозия стальных трубопроводов и оборудования вызывается растворенными в воде газами: кислородом, O_2 , диоксидом углерода, CO_2 , а также хлоридами Cl и сульфатами SO_4 .

Особенно высокую коррозионную активность имеет кислород в присутствии уголекислоты, которая в этом случае играет роль коррозионного катализатора. Коррозионная активность агента характеризуется коррозионным коэффициентом K , представляющим собой отношение массы металла, переведенного в продукт коррозии, к расходу коррозионного агента.

Основным методом удаления из воды растворенных газов является термическая деаэрация.

Для обработки подпиточной воды тепловых сетей в зависимости от параметров греющей среды применяются термические деаэраторы атмосферного или вакуумного типа. На рисунке приведена принципиальная схема двухступенчатого вакуумного де-

аэратора (ДСВ) системы НПО ЦКТИ. Благодаря наличию в этом деаэраторе двух ступеней дегазации – струйной и барботажной – обрабатываемая вода освобождается не только от кислорода, но и от свободного диоксида углерода.

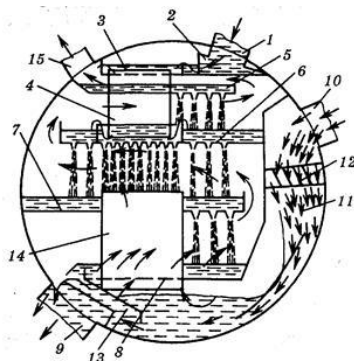


Схема двухступенчатого вакуумного деаэратора (ДСВ)
системы НПО ЦКТИ

При некачественной водоподготовке на поверхностях нагрева теплообменного оборудования ТЭЦ и абонентов, а также в трубопроводах сетевой воды образуются отложения, существенно ухудшающие теплопередачу и повышающие гидравлическое сопротивление. Эти отложения можно разделить на три группы: жесткостные, железистые и смешанные.

Причиной образования жесткостных отложений, как легкоудаляемых (карбонатных), так и трудноудаляемых (сульфатных), является, как правило, недостаточное умягчение воды. Часто этому способствует недостаточная производительность катионитных фильтров или низкое качество фильтрующих материалов (сульфоугля).

Причина образования железистых отложений, как правило, заключается в неудовлетворительной работе деаэрационных установок, а также в нарушении правил консервации водогрейных котлов и другого оборудования.

Список литературы

1. Водоподготовка для тепловых сетей. URL: <http://www.studfiles.ru/preview/2415866/page:2/>
2. Водоподготовка для тепловых сетей. URL: <http://helpiks.org/2-82326.html>

СОВРЕМЕННЫЕ ВИДЫ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ

Молотова И.А. – студент, Бакрунова Т.С. – к.т.н., доцент
ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

MODERN TYPES OF THE HEAT INSULATION

Molotova I.A. (irina_molotova1705@mail.ru),
Bakrunova T.S. (pt@samgtu.ru)

The aim of the work is studying the properties of modern types of the heat insulation and their advantages on the basis of materials "PENOFOL" and "ARMOFOL".

Задачей работы является изучение свойств современных видов теплоизоляции и их преимуществ на основе рассмотрения материалов «ПЕНОФОЛ» и «АРМОФОЛ».

Ключевые слова: тепловые потери, теплоизоляция, энергосбережение.

Для уменьшения тепловых потерь в настоящее время получили широкое применение различные виды теплоизоляции, такие как «ПЕНОФОЛ», «АРМОФОЛ», «ТИЛИТ» и др. «ПЕНОФОЛ» – это материал голубого цвета на основе вспененного полиэтилена, «АРМОФОЛ» – это фольгированный материал на основе стеклянной сетки. Производятся различные виды данных материалов (например, тип А – это односторонние материалы, В – двухсторонние, С – самоклеящиеся; также существуют материалы видов А-LP, «ПЕНОФОЛ» КВАТРО, «АРМОФОЛ» ТК и ЭКСТРА, каждый имеет свои особенности).

«ПЕНОФОЛ» и «АРМОФОЛ», области применения:

1. Утепление помещений:

а) подкровельные материалы («ПЕНОФОЛ» А, В, Кватро, «АРМОФОЛ» В, ЭКСТРА);

б) тёплый пол (тип А-LP);

в) ограждающие конструкции («ПЕНОФОЛ» А, В, С, Кватро, «АРМОФОЛ» А, В);

2. Утепление лоджий, бань, саун и т.д. (тип А, В).

3. Вентиляция и кондиционирование («ПЕНОФОЛ» С).

4. Отопление и водоснабжение («ПЕНОФОЛ» А).
5. Климатические камеры, изоляция технологического оборудования (тип С).

6. Механическая защита изоляционных материалов («АРМОФОЛ» А, В, ТК, ЭКСТРА).

Преимущества материалов «ПЕНОФОЛ» и «АРМОФОЛ»:

1. Экологичность. Материалы экологически чистые и безопасные при работе, не требуют средств персональной защиты.

2. Пожаробезопасность. Материалы не поддерживают горение.

3. Эффективность. Надежно защищают от конденсата и тепловых потерь.

4. Экономичность. В разы сокращают тепловые потери, что позволяет экономить.

5. Технологичность монтажа. Теплоизоляционные изделия в виде трубок и рулонов готовы к монтажу, легко устанавливаются в проектное положение на месте устройства теплоизоляционной конструкции. Некоторые виды материалов самоклеящиеся, что облегчает их применение (тип С).

6. Низкий коэффициент паропроницаемости. Вспененный полиэтилен препятствует проникновению влаги в строительную конструкцию.

7. Коррозионная стойкость. Изделия обладают повышенной стойкостью к воздействию агрессивных строительных материалов, а также органических кислот. Возможно использование в помещениях, содержащих в воздухе пары кислот и щелочей, в особенности сельскохозяйственного назначения («ПЕНОФОЛ» А-LP).

8. Низкая теплопроводность.

9. Долговечность. Считается, что срок службы такой теплоизоляции 20-25 лет при соблюдении правил эксплуатации.

Теплоизоляционные свойства материалов «ПЕНОФОЛ»
и «АРМОФОЛ»

1. Диапазон рабочих температур

Материал	Диапазон рабочих температур, °С
ПЕНОФОЛ А, В, А-LP	От -60 до +100
ПЕНОФОЛ С, АРМОФОЛ С	От -60 до +60
ПЕНОФОЛ КВАТРО	От -60 до +95
АРМОФОЛ А, А-LP	От -60 до +150
АРМОФОЛ В	От -60 до +200
АРМОФОЛ ЭКСТРА	От -60 до +130
АРМОФОЛ ТК	От -40 до +100 (материал без клеевого слоя) От -40 до +60 (материал с клеевым слоем)

2. Коэффициент теплопроводности. Так как доля воздуха в теплоизоляционных материалах является основной (70-80%), то и теплопроводность газонаполненных материалов различных типов приблизительно одинакова: $\lambda=0,037-0,051$ Вт/м·С

Материал	Теплопроводность λ , Вт/м·°С	Толщина, мм
«ПЕНОФОЛ» В-04 (двустороннее фольгирование)	0,049-0,050	4 мм, две воздушные прослойки (10 мм)
Пенополистирол	0.043	50
Минеральная вата	0.047	60
Кирпич глиняный на цементно-песчаном растворе	0.56	605

3. Коэффициент паропроницаемости.

Теплоизоляционный материал	Паропроницаемость μ , мг/(м·ч·Па)
Вспененный полиэтилен	0,001
Пенополистирол	0,05
Минеральная вата	0,32
Стекловолоконная вата	0,50

Данные материалы получили широкое распространение на сегодняшний день благодаря многим преимуществам над традиционными материалами и являются довольно перспективными в энергосбережении.

Список литературы

1. ЗАО «Завод ЛИТ» [официальный сайт] URL: <http://www.zavodlit.ru/> (дата обращения: 20.03.2017)
2. Каталог продукции ЗАО «Завод ЛИТ» №6, 2017 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.zavodlit.ru/content/pdf/catalog-2016_web.pdf

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ ПРИМЕНЕНИЕМ ВИХРЕВОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

Рахаткызы А. – магистрант, Колпаков А.С. – д.т.н., профессор
Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б.Н. Ельцина

ENERGY EFFICIENCY OF ENGINEERING SYSTEMS OF INDUSTRIAL BUILDINGS BY THE USE OF VORTEX VENTILATION

Rahatkyzy A. (arayka_5893@mail.ru),
Kolpakov A.S. (a.s.kolpakov@at.urfu.ru)

The article discusses the use of vortex ventilation to improve energy efficiency in operation of engineering systems of industrial buildings.

В статье обсуждается применение вихревой вентиляции для повышения энергоэффективности инженерных систем производственных зданий промышленных предприятий.

Ключевые слова: производственные здания, строительный модуль, вихревая вентиляция, энергоэффективность.

В соответствии с известными рекомендациями [1] приточный воздух следует подавать из воздухораспределителей в рабочую зону производственных помещений горизонтальными струями, выпускаемыми в пределах или выше рабочей зоны, в том числе при вихревой вентиляции (воздухораздаче).

Вихревая вентиляция – способ организации воздухообмена в производственном помещении, заключающийся в создании вращательного движения воздуха при его тангенциальной подаче по контуру вентилируемого объема [2]. При этом вредные выделения рабочей зоны удаляются вертикальным восходящим закрученным потоком через воздуховытяжное устройство, расположенное на оси вихря в покрытии или ниже него.

Вихревая вентиляция относится к категории энергоэффективных технологических решений, поскольку позволяет сократить расход воздуха и, соответственно, энергозатраты на привод вен-

тиляторов на 20–50% по сравнению с общеобменной вентиляцией и местными отсосами [2].

Данный способ вентиляции адаптирован к многопролетным производственным зданиям прямоугольной формы, оснащенным оборудованием, работа которого сопровождается выделениями вредных веществ.

Подача воздуха горизонтальными плоскими или компактными струями (рис. 1) осуществляется с помощью воздухораспределительных устройств, установленных на колоннах или ограждающих конструкциях.

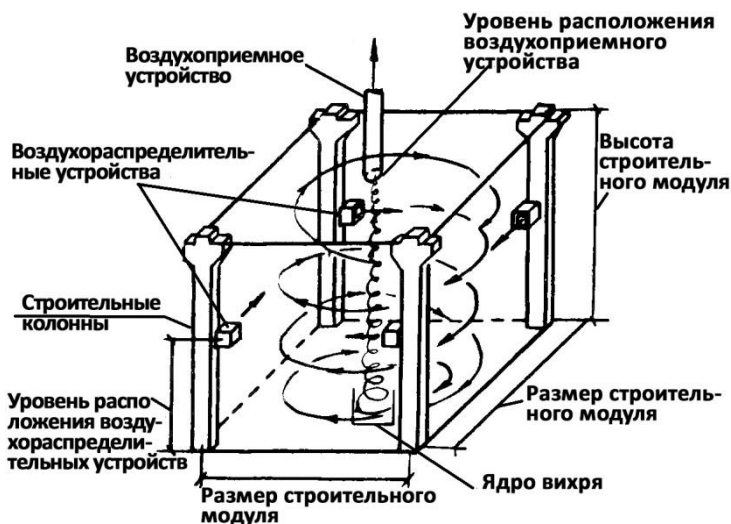


Рис. 1. Схема организации вихревой вентиляции в строительном модуле четырьмя компактными струями

При вихревом течении воздуха в выделенном строительном модуле концентрации вредных веществ в нем распределяются с минимальным значением по периметру объема и максимальным вблизи его вертикальной оси на поверхности ядра концентрированного вихря [3]. Эта картина наблюдается независимо от расстановки технологического оборудования и занимаемой им производственной площади [2].

Вблизи оси концентрированного вихря создается область пониженного давления, что способствует движению загрязненного воздуха от периферии к оси и выносу вредных выделений восходящим потоком к воздуховытяжному устройству.

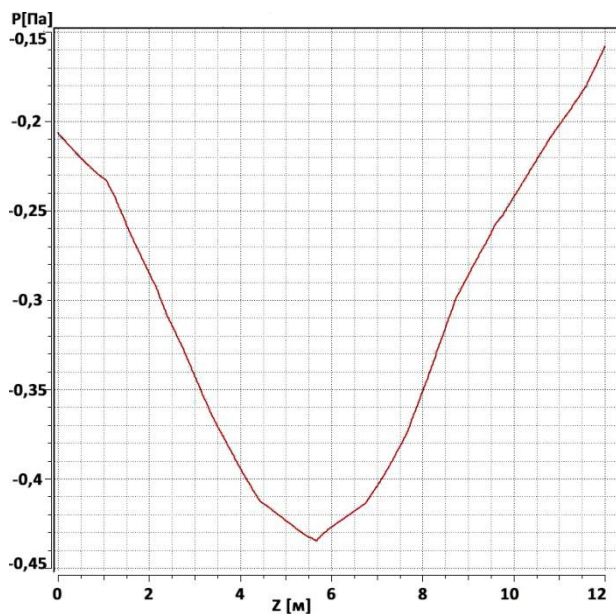


Рис. 2. Распределение давления в строительном модуле по оси на высоте 1,5 м

Средствами ANSYS получены распределения скоростей, давлений (рис. 2) и температур воздушного потока в строительном модуле, подтверждающие модельные представления методики расчета вихревой вентиляции [2]. Результаты моделирования в ANSYS соответствуют выводам [2] о возможности сокращения расхода воздуха на 20–50% по сравнению с традиционными способами организации вентиляции.

Список литературы

1. СП 60.13330.2012. Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.
2. Методические указания по проектированию вихревой вентиляции /Л.В. Кузьмина и др. М.: ВЦНИИОТ, 1984. 52 с.
3. Алексеенко С.В., Куйбин П.А., Окулов В.Л. Введение в теорию концентрированных вихрей. Новосибирск: Ин-т теплофизики СО РАН, 2003. 504 с.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ВЕНТИЛЯЦИИ МНОГОПРОЛЁТНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ ПОСРЕДСТВОМ ВИХРЕВОЙ ВОЗДУХОРАЗДАЧИ

Петров Е.А. – магистрант, Колпаков А.С. – д.т.н., профессор
Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

ENERGY-EFFICIENT SOLUTIONS FOR THE ORGANIZATION OF VENTILATION OF MULTI-SPAN INDUSTRIAL BUILDINGS THROUGH VORTEX AIR DISTRIBUTION

Petrov E.A. (petrov_yegor@mail.ru),
Kolpakov A.S. (a.s.kolpakov@at.urfu.ru)

The article discusses the use of vortex ventilation to improve the energy efficiency in operation of ventilation systems in industrial buildings.

В статье рассматривается применение вихревой воздухо-раздачи для повышения энергоэффективности вентиляции производственных зданий промышленных предприятий.

Ключевые слова: производственные здания, вентиляция, вихревая воздухораздача, энергоэффективность.

Вихревая воздухораздача при подаче приточного воздуха горизонтальными струями [1] может осуществляться воздухо-распределительными устройствами на колоннах в четырех углах строительного модуля выше рабочей зоны с источниками тепло- и газо-выделений [2] (см. рисунок).

Формирование осевого вихря [3], где концентрируются выбросы, наблюдается при сообщении потоку необходимой кинетической энергии на единицу вентилируемого объема при выполнении определенных соотношений размеров модуля и вентиляционной системы.

В данном исследовании размеры были выбраны исходя из рекомендаций [2]: относительная высота вихря 0,5–1,33; относительная высота расположения воздухо-распределительных устройств 0,35–0,65; относительная высота расположения воздухо-вытяжного устройства 0,375–1; относительная площадь воздухо-вытяжного устройства 0,002–0,00785; относительная площадь воздухо-распределительных устройств 0,0011–0,0044.

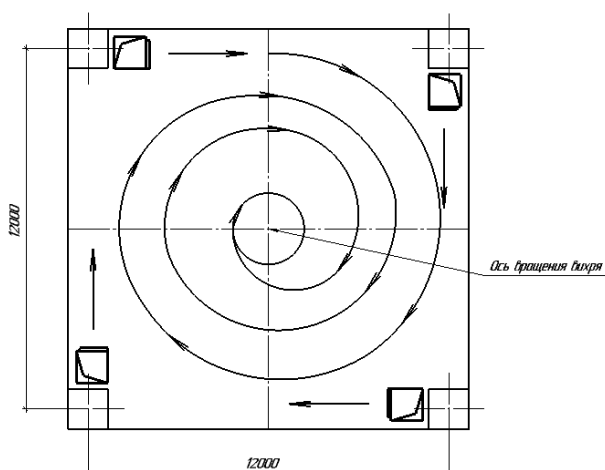


Схема организации вихревой воздухоподдачи компактными струями в строительном модуле

На основании расчетов максимальной скорости воздуха в рабочей зоне и коэффициента воздухообмена выполнен анализ возможности повышения энергоэффективности вентиляции производственного участка с типовыми размерами в плане 12000×12000 с помощью компактных струй за счет уменьшения расхода воздуха, подаваемого в строительный модуль (см. таблицы).

Параметр	Коэффициент воздухообмена 1/K		Скорость воздуха в рабочей зоне V_{max} , м/с		Энергоэффективность, %	
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
Относительная высота вихря	1,39	0,74	1,39	1,04	33,4	-25,2
Относительная площадь воздуховытяжного устройства	0,86	0,74	1,36	1,04	33,4	22,5
Относительная площадь воздухораспределителей	0,92	0,74	3,05	1,04	33,4	17,1
Относительная высота воздухораспределительных устройств	0,74	0,74	1,06	1,04	33,4	33,4
Относительная высота воздуховытяжного устройства	0,78	0,69	1,17	0,91	38,1	29,8

Согласно полученным результатам максимальный эффект от использования вихревой воздухоподдачи по сравнению с общеобменной вентиляцией для исследуемого объекта может достигать 38,1%, что согласуется с оценками [2].

Список литературы

1. СП 60.13330.2012. Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.
2. Методические указания по проектированию вихревой вентиляции / Л.В. Кузьмина и др. М.: ВЦНИИОТ, 1984. 52 с.
3. Алексеенко С.В., Куйбин П.А., Окулов В.Л. Введение в теорию концентрированных вихрей. Новосибирск: Ин-т теплофизики СО РАН, 2003. 504 с.

УДК 697.239

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЙ

Лапина Т.И. – студентка, Слонич К.А. – магистр,
Дорофеев В.Н. – руководитель
Владимирский государственный университет
имени А. Ги Н.Г. Столетовых

PERSPECTIVES OF APPLICATION OF GEOTHERMAL HEAT PUMPS FOR HEAT SUPPLY OF BUILDINGS

Lapina T.I. (lata96@mail.ru)
Slonich K.A (hestjke@gmail.com)

The use of heat pump systems in domestic practice, the decentralised heat supply becomes relevant, as it contributes to savings of primary fossil fuels.

Ключевые слова: тепловой насос, теплоснабжение.

В последнее время мы все чаще задумываемся над использованием устройств альтернативной энергетики в быту. Причин здесь несколько – это и конечный запас углеводородов на нашей планете, и все возрастающие цены на них, и огромный урон, нано-

симый окружающей среде от их применения и добычи. Между тем, благодаря последним разработкам и технологиям, в мире все чаще и чаще начинают появляться устройства, способные не только работать без использования традиционных видов топлива, таких как газ, уголь или нефть, но и демонстрирующие потрясающую энергетическую эффективность и экологическую чистоту[1].

Геотермальные тепловые насосы (ГТН, ground source heat pump, GSHP) представляют собой устройство для переноса низкопотенциальной энергии на более высокий уровень. В некоторых странах 50% всего отопления обеспечивают геотермальные тепловые насосы.

Принцип действия ГТН состоит в следующем: посредством теплоносителя низкопотенциальное тепло поступает в ГТН, рабочие тела которого совершают обратный термодинамический цикл. Выработанная энергия поступает к потребителю. Отработанный теплоноситель следует к эксплуатируемому источнику энергии, и цикл повторяется.

Источниками природного тепла для теплового насоса может служить земля, воздух, скальная порода, вода озера, реки или океана. Причем такие установки весьма компактны, экологически чисты, практически бесшумны и полностью безопасны.

На сегодняшний день распространение получили парокомпрессионные тепловые насосы, работающие преимущественно на хладагонах.

Недостатки ГТН по сравнению с традиционными видами отопления обусловлены стоимостью оборудования, узким диапазоном температур, использованием хладагента, чувствительностью к положению в пространстве и др.

Потенциальными потребителями ГТН являются сельскохозяйственные, инфраструктурные и жилищно-коммунальные объекты.

В качестве источника низкопотенциального тепла может выступать наружный воздух, имеющий температуру от -15°C до $+15^{\circ}\text{C}$, воздух, отводимый из помещения с температурой $15-25^{\circ}\text{C}$, подпочвенные ($4-10^{\circ}\text{C}$) и грунтовые (более 10°C) воды, озерная и речная вода ($0-10^{\circ}\text{C}$), поверхностный ($0-10^{\circ}\text{C}$) и глубинный (более 20 м) грунт (10°C). Используются затопленные шахты, на уровне 700 м в них поддерживается постоянная температура в 32°C .

При использовании в качестве источника тепла грунта (по схеме «грунт-вода») возможны два варианта устройства коллектора: вертикальный (с укладкой труб в вертикальные скважины на глубину 20-100 м и горизонтальный (с укладкой труб или спиралей в траншеи глубиной 1,2-4 м).

В расчетах принимают рекомендуемые значения удельного теплосъема q (Вт/м трубы): для горизонтального коллектора $q = 10-35$ и вертикального коллектора $q = 20-80$ Вт/м в зависимости от состояния грунта (песок, глина, каменистая почва, подземные воды).

Основной сферой применения ГТН является теплоснабжение, связанное с традиционными источниками теплоты: газовые котлы (41% всего российского отопительного фонда), твердотопливные котлы (47%), жидкотопливные и электродкотлы (в совокупности около 12%).

Преимущества ГТН по сравнению с традиционными видами оборудования:

- энергетическая эффективность – на 1 кВт затраченной электрической энергии ГТН производит до 7 кВт тепловой энергии;
- экономическая эффективность – в среднем отопление при помощи ГТН обходится в 2,8 раза дешевле использования газовых котлов, в 3,5 раза – жидкотопливных систем и в 2,9 раза дешевле электрического отопления;
- экологическая эффективность, определяется прежде всего экономией первичных видов топлива, что, в свою очередь, ведет к значительному уменьшению выбросов вредных веществ в окружающую среду;
- надежность, комфорт, гибкость, безопасность, широта использования.

Ниже приведен пример расчета теплового насоса для отопления конкретного здания (например, экодому при высоте потолка 3 м и площади 100 м^2). Исходя из укрупненных затрат тепла на 1 м^2 площади $0,1 \text{ кВт}$, мощность системы отопления составит 10 кВт . При использовании в качестве потребителя «теплого» пола температура теплоносителя в системе должна быть 35°C , а минимальная его температура 0°C .

Выберем тепловой насос фирмы Thermia Villa ближайшего большего типоразмера (модели):

155 ($q_{эл} = 6$ или 9 ; $q_k = 5$; $q_v = 15,6-14,7$; $K_{пр} = 4,3-3,0$), который имеет входную мощность $Q_v = 15,6 \text{ кВт}$, и расходует на работу компрессора 5 кВт электроэнергии.

По типу грунта (для влажной глины) теплосъем с поверхностного слоя составляет $q = 25 \text{ Вт/м}$ длины коллектора. Мощность теплового коллектора $Q_{т.к} = Q_o = Q_v - Q_k = 15,6 - 5 = 10,6 \text{ кВт}$.

Суммарная длина труб составит $L_{тр} = Q_o / q = 10,6 / 0,025 = 424 \text{ м}$. Для получения такого коллектора ($L_k = n_k \cdot l_1$, где n_k – количество контуров; l_1 – длина в контуре, м). Потребуется $L_k = 5 \cdot 100 = 500 \text{ м}$.

При шаге укладки $S = 0,75$ м (при оптимальном шаге между труб 0,7-0,8) необходимая площадь укладки составит: $A = L_{\kappa} \cdot S = 500 \cdot 0,75 = 375 \text{ м}^2$.

При организации вертикального коллектора (с укладкой в вертикальную скважину глубиной 20-100 м У-образных металлопластиковых или пластиковых труб), в одну скважину (при влажной глине) вставляют две петли с удельным теплосъемом $q=25$ Вт/м. При удельном теплосъеме вертикального коллектора, равном $25 \cdot 2 = 50$ Вт/м, и требуемой мощности $Q_o = 10,6$ кВт длина трубы составляет: $L = Q_o / q = 10,6 / 0,05 = 212$ м. Для устройства коллекторов необходимо пробурить три скважины глубиной по 75 м с размещением в каждой по 2 петли из пластиковых труб. Всего требуется 6 контуров по 150 м.

Для повышения надежности теплоснабжения (с исключением разморозки системы) дома (на отопление через радиаторы и «теплые» полы, и ГВС через бойлер косвенного нагрева) может быть применена схема с использованием трех источников тепла: теплогенератор (со сжиганием природного газа), тепловой насос (на базе тепла грунта) и солнечный коллектор (циркуляционный блок гелиосистемы). Включение этих элементов в работу (по отдельности или в совокупности) зависит от территориального расположения объекта, климатических условий [2].

Применение системы ГТН в отечественной практике децентрализованного теплоснабжения (для отопления – охлаждения зданий) приобретает актуальность, так как способствует экономии первичного органического топлива.

Список литературы

1. Пармухина Е.Л. Рынок геотермальных тепловых насосов // Экологический вестник России. №8. 2011. С. 52-55.
2. Бутузов В.А. Примеры реализованных проектов в Германии и Франции // Новости теплоснабжения. №6. 2009. С. 39-42.

СОДЕРЖАНИЕ

Вступительное слово главного редактора.....	3
Пензина К.О.	
Энергосбережение на предприятиях черной металлургии.....	5
Попова А.П., Бакрунова Т.С.	
Анализ эффективности применения инновационных технологий теплоэнергетики	8
Агапитов А.Е., Михайловский В.Н.	
Перспективы развития умных энергосистем в процессе реструктуризации генерирующих мощностей электростанций промышленных предприятий.....	10
Калмыкова Н.С., Мурашова В.Н., Демина Х.Н., Матвеев С.В.	
Оценка энергетической эффективности разливки стали в машинах непрерывного литья заготовок	13
Симонов Т.В., Картавцев С.В.	
Энергосбережение в системах производства водорода	17
Калашникова К.Н., Ушакова А.А., Дорофеев В.Н.	
Перспективы применения возобновляемых энергетических ресурсов в России.....	21
Шевченко В.А., Слонич К.А., Дорофеев В.Н.	
Влияние энергосбережения на инженерную инфраструктуру города.....	24
Бекшаев А.А., Бакрунова Т.С.	
Повышение эффективности производства и распределения энергоресурсов	29
Чугуров В.В., Краснова Н.П.	
Комплексное использование тепловых насосов и солнечных коллекторов на промышленных предприятиях России.....	31
Коростелев М.С., Бакрунова Т.С.	
Пути повышения энергоэффективности при транспортировке тепловой энергии	34
Зыкин И.Ю., Демиденко Л.Л.	
Альтернативные источники энергии	37
Гордеева И.С., Картавцев С.В.	
Эффективное использование теплоты раскаленного кокса в пределах аглококсодоменного комплекса	41

Исянгильдина Л.Х., Картавец С.В. Исследование эффективности системы энергообеспечения добычи и переработки медных руд	43
Максимов М.Ю., Соколова М.С. Анализ энергетического потенциала доменного газа, вырабатываемого на металлургическом предприятии	46
Петрушков М.В., Поляков Ю.С., Злыгостев Д.И. Тепловая изоляция как инструмент энергосбережения	49
Байкова Д.А., Агапитов Е.Б. Влияние температуры низкопотенциального источника тепла на эффективность работы органического цикла Ренкина	51
Тихоненко Ю. А., Агапитов Е.Б. Улавливание и утилизация CO ₂ как одна из проблем экологически чистой ТЭЦ.....	54
Хасанова Р.В., Нешпоренко Е.Г. Выбор способа охлаждения сжатого кислорода	57
Лыгин М.М., Сатыбалдинов Б.Т., Осколков С.В. Исследование влияния содержания кислорода в воздухе при сжигании низкокалорийного газообразного топлива на теплофизические свойства и объем продуктов сгорания	60
Бутович А.И., Агапитов Е.Б. Перспективные направления получения обогащенного кислородом воздуха для использования в промышленности	63
Веселов Н.Е., Демиденко Л.Л. Моделирование времени аккумуляирования теплоты зерном цеолита	66
Зауцкая Л.А., Клыков Н.Д., Нгуен К.З., Осколков С.В. Возможность применения паровинтовых машин (ПВМ) для привода сетевых насосов котельной	70
Терехова А.Ю., Володин А.М., Валавин В.С. Улучшение показателей работы печи с барботажным слоем за счет оптимизации конструкции и гидродинамического режима ..	72
Андреева К.А., Маслова Г.Ю., Дорофеев В.Н. Очистка наружного воздуха от пыли в системах КМК	77
Малеваный М.В., Солженикин П.А., Стогней В.Г. Эффективность применения разнотемпературных конденсационных фильтров в промышленности	80

Григорьев С.В., Картавец С.В. Совершенствование режимов работы котельных установок КС-ГВ-40	83
Вафина Д.Э., Демиденко Л.Л. Автоматизированный расчет паропроизводительности котельной ...	86
Хоботов Е.А., Дорофеев В.Н. Анализ конструкций топочных камер с «кипящим» слоем в котлах	89
Вьюнов Д. А., Дорофеев В. Н. Сравнение газотрубных и водотрубных котлов по энергоэффективности	92
Кузнецова К.А., Дорофеев В.Н. Критерии оценки и диагностика прочности элементов котлов	96
Горшкова Т.А., Краснова Н.П. Модернизация конвективной части котлоагрегата	99
Плеханов П.А., Андиянова К.В., Осколков С.В. Возможности использования тепловых насосов в системах отопления и кондиционирования	102
Кагиров Ф.К., Султанов Р.Р., Халилов И.Х., Мамлеев А.Р., Осколков С.В. Варианты снижения тепловых потерь общественных зданий при использовании современных теплоизоляционных материалов.....	105
Хамзин Р.Р., Демиденко Л.Л. Оценка эффективности современных теплоизолирующих материалов для уменьшения тепловых потерь жилых зданий	108
Горбунев А.С., Нешпоренко Е.Г. Тенденция развития регулирования тепловой энергии в многоквартирном жилом доме	112
Левашов С.А., Бакрунова Т.С. Теплозащита зданий и сооружений	114
Ромаданов Р.А., Бакрунова Т.С. Оптимизация толщины изоляции трубопроводов тепловых сетей	116
Бикмухаметова К.М., Демиденко Л.Л. Расчет мощности тепловой пушки в среде VBA	119

Ярыгин В.А., Бакрунова Т.С.	
Импортозамещение шаровых кранов	122
Слонич К.А., Дорофеев В.Н.	
Оценка работы элеваторных узлов жилого дома	124
Сухарев М.С., Дорофеев В.Н.	
Анализ эффективности способа теплоснабжения гражданских зданий с помощью геотермальной энергии грунта.....	127
Мартынов В.Д., Дорофеев В.Н.	
Подготовка воды для горячего водоснабжения и тепловых сетей	131
Молотова И.А., Бакрунова Т.С.	
Современные виды теплоизоляции	134
Рахаткызы А., Колпаков А.С.	
Повышение энергоэффективности инженерных систем производственных зданий применением вихревой вентиляции ..	137
Петров Е.А., Колпаков А.С.	
Энергоэффективные решения при организации вентиляции многопролётных производственных зданий посредством вихревой воздухоподдачи	140
Лапина Т.И., Слонич К.А., Дорофеев В.Н.	
Перспективы применения геотермальных тепловых насосов для теплоснабжения зданий	142

Научное издание

ЭНЕРГЕТИКИ И МЕТАЛЛУРГИ НАСТОЯЩЕМУ И БУДУЩЕМУ РОССИИ

Материалы 18-й Всероссийской
научно-практической конференции
студентов, аспирантов и специалистов
23–25 мая

Под общей редакцией Е.Б. Агапитова

Издается полностью в авторской редакции

Подписано в печать 19.05.2017. Рег. № 147-17. Формат 60х84/16. Бумага тип. №1.
Плоская печать. Усл.печ.л. 9,50. Тираж 100 экз. Заказ 206.



Издательский центр ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»
455000, Магнитогорск, пр. Ленина, 38
Полиграфический участок ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»