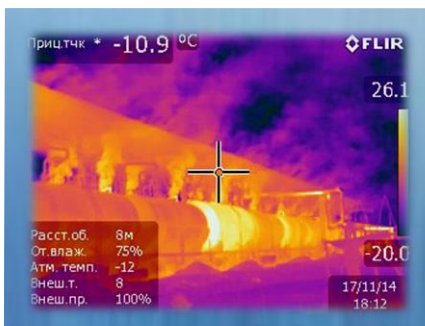




Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
ОАО «Российские железные дороги»
Омский государственный университет
путей сообщения

Материалы второй всероссийской научно-технической конференции с международным участием



ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ И СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Омск 2018



Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
ОАО «Российские железные дороги»
Омский государственный университет путей сообщения

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ И СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Материалы второй всероссийской
научно-технической конференции
с международным участием
(19 апреля 2018 г.)

Омск 2018

УДК 621.128:662.61.8+621.311.004.24
ББК 31.38

Повышение энергоэффективности объектов энергетики и систем теплоснабжения: Материалы второй всероссийской научно-технической конференции с международным участием / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2018. 250 с.

В сборник вошли статьи с результатами исследований, выполненных по комплексу научных направлений, посвященных вопросам развития объектов энергетики и систем теплоснабжения Уральского и Сибирского регионов, республики Крым. В работах рассмотрены и проанализированы основные направления энергосбережения в стационарной энергетике железнодорожного транспорта и промышленных предприятий.

Материалы сборника могут быть полезны научным сотрудникам, специалистам, работающим на предприятиях теплоэнергетического профиля, обучающимся теплоэнергетических специальностей.

Библиогр.: 211 назв. Табл. 33. Рис. 70.

Редакционная коллегия:

канд. техн. наук, профессор В. К. Гаак (отв. редактор);

канд. техн. наук, доцент А. П. Стариков;

канд. техн. наук, доцент А. Ю. Финиченко;

магистр Д. А. Бейсембаев.

Рецензенты: канд. техн. наук В. З. Дмитриев;

канд. техн. наук А. Г. Лукьянов;

доктор техн. наук, доцент А. М. Парамонов.

ISBN

© Омский гос. университет
путей сообщения, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Хороших О. В., Стариков А. П.</i> Определение режимов наиболее эффективной работы тепловых насосов в условиях Омского региона.....	7
<i>Либик Д. В, Трошина Н.С.</i> Внедрение энергосберегающих мероприятий на объектах Омской дистанции гражданских сооружений Западно-Сибирской железной дороги.....	13
<i>Куандыкова А. А., Кокшаров М. В.</i> Экономическая эффективность соблюдения температурного графика тепловой сети.....	15
<i>Симак Р. С., Туканова А. С.</i> Подходы к ценообразованию в сфере энергетических обследований.....	21
<i>Резанов Е. М., Петров П. В.</i> О технико-экономическом совершенствовании утепления тепловой изоляцией стен зданий.....	28
<i>Глухов С. В., Глухова М. В.</i> Система индивидуального горячего водоснабжения на базе солнечного коллектора в климатических условиях Омской области.....	33
<i>Жуков Д. В.</i> О возможности перевода системы теплоснабжения АО «Омск РТС» на качественно-количественное регулирование отпуска тепловой энергии.....	41
<i>Овсянников В. В., Гусаров А. С.</i> Определение энергетических показателей турбоустановки работающей по комбинированному циклу.....	46
<i>Резанов Е. М. Щебетова К. А.</i> Повышение экономичности и экологичности работы котельного агрегата нефтехимического производства на основе утилизации теплоты уходящих газов.....	52
<i>Гаак В. К., Чаплак А. О.</i> Современные методы подготовки воды для тепломеханического оборудования предприятий.....	57
<i>Флек Е. С.</i> Результаты исследования вредных выбросов при сжигании водоугольного топлива.....	62
<i>Федоренко Д. О.</i> Использование тепловых аккумуляторов в системах централизованного теплоснабжения.....	67
<i>Липко М. А., Акижанов А. Р., Ведрученко В. Р., Лазарев Е. С.</i> Слоевое сжигание торфа с плоской неподвижной колосниковой решеткой.....	72

<i>Рожкова А. В.</i> Перспективы и преимущества использования водорода для получения тепловой и электрической энергии.....	77
<i>Парамонов А. М., Резанов Е. М.</i> Исследования влияния температуры подогрева воздуха на эффективность тепловой работы термического агрегата.....	82
<i>Матяш Ю. И., Родченко А. Д., Колтышкин А. В.</i> Совершенствование систем кондиционирования в поездах дальнего следования.....	89
<i>Приходько С. В.</i> Современные методы подавления оксидов азота.....	93
<i>Липко М. А., Финиченко А. Ю.</i> Солнечные коллекторы преимущества и области применения.....	99
<i>Литвинов П. В., Штиб А. В., Ведрученко В. Р.</i> Анализ горения частиц кокса и капли жидкого топлива.....	103
<i>Кузнецова М. А., Стариков А. П.</i> Оценка эффективности работы индивидуальных тепловых пунктов на основе данных эксплуатации.....	107
<i>Штиб А. В., Ведрученко В. Р.</i> Методы повышения показателей экономичности дизель-энергетических установок.....	111
<i>Кузнецов В. А., Лебедев В. М.</i> Энергетическое обследование промышленно-отопительной котельной Омского комбината строительных конструкций.....	117
<i>Рацин Е. А., Блатов С. А.</i> Модернизация ТЭЦ-2 с полным приводом на газообразное топливо.....	121
<i>Финиченко А. Ю., Тартачев А. А.</i> Подбор солнечного коллектора на основе статистических данных.....	127
<i>Гайдено А. Н., Алафьев М. К.</i> К вопросу о внедрении современных средств пожаротушения на объектах теплоэнергетики.....	131
<i>Чичерин С. В., Бельская Т. И.</i> Повышение энергоэффективности систем централизованного теплоснабжения с малой тепловой нагрузкой.....	136
<i>Грохотов В. Ю., Грохотова М. В.</i> Совершенствование комбинированной системы теплоснабжения с утилизацией теплоты уходящих газов газотурбинной установки.....	142

<i>Жданова И. В.</i> Эффективность применения аэродинамических элементов в башенных градирнях.....	147
<i>Беховец М. Н., Станчёнков В. И., Куандыкова А. А.</i> Повышение показателей технологичности (ремонтпригодности) деталей турбомашин.....	151
<i>Беховец М. Н., Станчёнков В. И., Бейсембаев Д. А.</i> Обеспечение износостойкости деталей энергетических установок комбинированием газотермического покрытия и упрочнения.....	156
<i>Выходцев П. В.</i> Моделирование теплоэнергетических процессов.....	160
<i>Тарута В. Ф., Глухов С. В., Глухова М. В.</i> Об утилизации вторичных энергетических ресурсов при проведении реостатных испытаний тепловозов.....	164
<i>Бойко Е. Е., Францева А. А., Щинников П. А.</i> Модель горения тонкодисперсного водоугольного топлива в циклонном предтопке.....	168
<i>Крюков Д. А., Воронцова Е. С.</i> Программно-аналитическое сопровождение работ по приемке и контролю топлива на объектах энергетики.....	174
<i>Зуева А. А., Щинников П. А.</i> Варианты ПГУ с преимущественным использованием угля.....	179
<i>Синельников Д. С., Щинников П. А.</i> Особенности загрузки оборудования тэц с учетом способа регулирования отпуска теплоты.....	184
<i>Воронцова Е. С., Тайлашева Т. С.</i> Систематизация установок обработки воды с учетом условий эксплуатации.....	190
<i>Заложный Н. В., Гаак В. К.</i> Будущее термоядерной энергетики Международный термоядерный реактор ITER(ИТЭР).....	194
<i>Трошина Н. С.</i> Современное производство тепловой и электрической энергии по принципу конерации.....	204
<i>Корнилов Д. А., Поспелова М. Я.</i> Целевых показателей энергоэффективности интеллектуальных сетей теплоснабжения «умного дома» в иркутской области.....	208
<i>АННОТАЦИИ</i>	212

О. В. Хороших, А. П. Стариков

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМОВ НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНОЙ РАБОТЫ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В УСЛОВИЯХ ОМСКОГО РЕГИОНА

Рассмотрена актуальная тема повышения экономической и энергетической эффективности системы теплоснабжения на базе тепловых насосов, использующих в качестве низкопотенциального источника тепло грунта, за счет бинарных режимов работы.

С каждым годом тепловые насосы занимают более значимые позиции в системах теплоснабжения, успешно конкурируя с традиционными источниками энергии. Сегодня тепловой насос – это готовый продукт, представленный достаточно широко на зарубежном рынке.

Технологии комплексного теплоснабжения промышленных и жилых объектов с помощью тепловых насосов, успешно используемые во всем мире более 150 лет, имеют все условия для широкомасштабного внедрения на территории Российской Федерации. Однако, учитывая отсутствие собственного производства теплонасосного оборудования, отвечающего современным техническим, эксплуатационным и экономическим показателям, и наличие лишь фрагментарного частного использования тепловых насосов, встает проблема нехватки собственных исследований в данной области. Необходим опыт проектных организаций, касающийся отопления на базе тепловых насосов, подбора теплонасосного оборудования в соответствии с географическими, климатическими и экономическими особенностями конкретных территорий нашей страны. Отсутствие научных исследований, подкрепленных практическим опытом использования тепловых насосов, не позволяет получить широкомасштабное внедрение тепловых насосов в отечественный ТЭК.

На сегодняшний день на рынке г. Омска, тепловой насос – это штучный товар не адаптированный для климатических условий Сибири. На привлекательность тепловых насосов в нашем регионе негативно влияют следующие факторы: отсутствие серийных поставок теплонасосного оборудования; отсутствие опыта и конкуренции в области ПИР, СМР и ПНР

источников тепла на базе тепловых насосов; неразвитая система сервиса; невозможность компоновки теплового насоса с традиционной системой отопления; высокая стоимость оборудования и монтажных работ.

Принятие ФЗ №261 от 23.11.2009 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности», а также, регулярное повышение тарифов на энергоресурсы вызвали интерес к использованию систем, работающих от возобновляемых источников энергии. Но данные системы являются дорогостоящими, и в отсутствии финансовой поддержки от государства внедряются единичными проектами, не смотря на их экономические и экологические преимущества.

В условиях Сибирского климата с продолжительным отопительным периодом и длительными морозами ниже -15°C более предпочтительно использование тепловых насосов грунтового исполнения с вертикальным способом укладки наружного контура, работа которых в малой степени зависит от температуры окружающей среды. Коэффициент трансформации энергии (COP) теплового насоса напрямую зависит от разницы температур в низкопотенциальном и высокопотенциальном контурах, чем меньше данная разница, тем меньше потребление электроэнергии тепловым насосом [1].

По экспериментальным данным за три прошедших отопительных периода 2015-2017 гг. COP тепловых насосов, обследованных в Омском регионе, варьируется от 5,2 при температуре из низкопотенциального источника 6°C в начале отопительного периода, до 3,2 при температуре из низкопотенциального источника -4°C в конце отопительного периода [1, 2].

Для более детального изучения колебаний COP тепловых насосов грунтового исполнения проанализируем результаты эксплуатации объекта административного назначения в городе Омске. Объект в 3 этажа, общей отапливаемой площадью 260 м^2 , с расчетной тепловой нагрузкой равной 24 кВт. Для объекта внедрена система теплообеспечения на базе теплового насоса грунтового исполнения с заявленным заводом изготовителем COP равным 4,2. В качестве контура отопления применен низкотемпературный контур отопления с максимальной температурой подачи, не превышающей $36 - 40^{\circ}\text{C}$, выполненный с помощью водяного «теплого пола» и фанкойлов потолочного исполнения.

Требуемое количество теплоты, генерируемое конкретной системой отопления, зависит от температуры наружного воздуха. При относительно

равных условиях, из полученных статистических данных выделим динамику изменения температуры в течение года, совместив ее с температурой низкопотенциального источника (рис. 1).

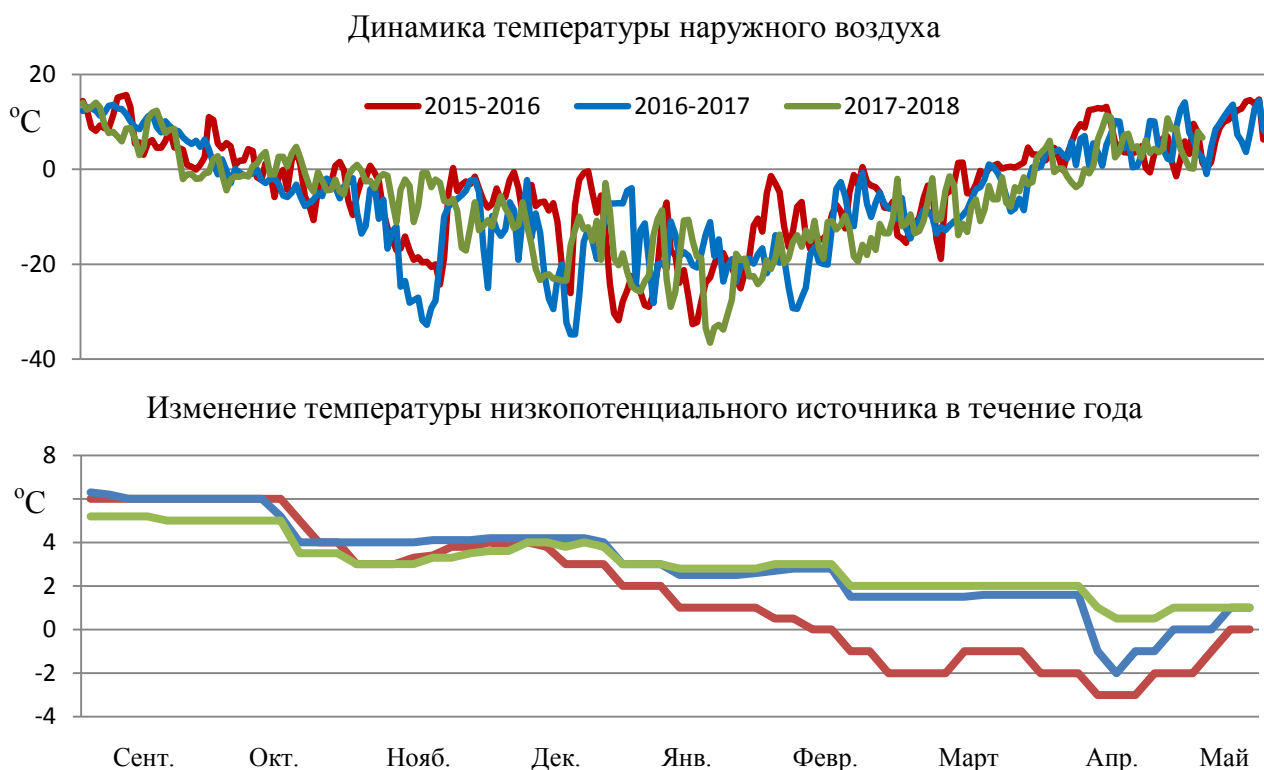


Рис. 1. Динамика температур наружного воздуха и низкопотенциального источника

На графике можно отметить наличие участков с постоянной температурой источника тепла в течение длительного времени. Это говорит о том, что тепло, отобранное из грунта, восстанавливается за счет соседних слоев и не приводит к вымораживанию. Более интенсивный отбор тепла в периоды резкого понижения наружной температуры или длительного стояния низких температур приводит к ступенчатому снижению температуры грунта без последующего восстановления. Рост температуры в контуре источника тепла виден только в апреле – мае, когда нагрузка на систему отопления близка к европейской, к той на которую рассчитаны все элементы теплового насоса, включая количество и глубину геозондов, плотность бурения.

Таким образом, значительное снижение температуры низкопотенциального источника происходит при длительном снижении температуры наружного воздуха, а после отступления холодов восстановление исходных значений температуры не происходит. По результатам анализа

статистических данных работы теплового насоса был сделан вывод, что наиболее интенсивные кривые вымерзания грунта приходится на температуру окружающей среды ниже -24°C . Иными словами, при более интенсивной нагрузке отопительной системы происходит более резкое и интенсивное охлаждение грунта. Отметим, что эффективность получения теплоты тепловым насосом зависит в значительной мере от уровня и стабильности температуры источника низкопотенциальной энергии.

Проанализировав температуру окружающей среды г. Омска за последние 3 года, получили, что количество дней, среднесуточная температура которых меньше или равна -24°C , составляет не более 25 суток за один отопительный период.

Для удержания температуры грунта в зоне $3 - 5^{\circ}\text{C}$ с целью обеспечения высокого COP необходимо избегать режимов работы теплового насоса с длительной работой при максимальной нагрузке либо увеличивать количество скважин, расширять площадь, на которой они бурятся.

Для рационального использования систем теплообеспечения объектов на базе тепловых насосов грунтового исполнения и для снижения первоначальных капиталовложений рассмотрим целесообразность организации бинарного режима работы теплового насоса [3].

В данной статье рассмотрим актуальность применения бинарного источника тепла, где в качестве основного источника используется тепловой насос, с расчетной мощностью ниже требуемой по СНиП, а для покрытия недостающей тепловой нагрузки в более холодные периоды подключается электродкотел. Основной целью расчетов будет снизить первоначальные капиталовложения и сократить сроки окупаемости системы.

Для экспериментального объекта анализируем бинарный моноэнергетический режим работы теплового насоса в паре с электрическим котлом в качестве доводчика в пиковых нагрузках.

При расчетах бинарной системы во вспомогательном режиме будем принимать нагрузку на тепловой насос (ТН) 90, 80, 70, и 65 % от расчетной, и дополнять ее электродкотлом (ЭК) мощностью 2, 4, 6 и 9 кВт соответственно. Принимая во внимание практическую сторону вопроса, во всех вышеперечисленных модификациях выбираем электродкотел мощностью 6 и 9 кВт с функцией автоматизированного управления. Результаты расчетов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Капитальные и эксплуатационные затраты при бивалентной системе отопления

Комплектация источника теплоснабжения			Стоимость оборудования, руб			Годовые эксплуатационные затраты							
ТН			ЭК		ТН	ЭК	Итого	ТН, кВт	ЭК, кВт	Общие, кВт	ТН, руб	ЭК, руб	Общие, руб
100 %	тепловой насос, кВт	24	0 %	резервный электр о-котел 12 кВт	708500	0	1 800 300	17301	0	17 300	63668	0	63668
	геозонд, м	1000			315000								
	пропилен-гликоль, л	960			76800								
	Бурение скважин, м	480			700000								
90 %	тепловой насос, кВт	22	10%	электр окотел 3 кВт	637650	37500	1 677 017	17012	1706	18 718	62604	6278	68882
	геозонд, м	920		резервный электр окотел 12 кВт	289800								
	пропилен-гликоль, л	880			70400								
	Бурение скважин, м	440			641667								
80 %	тепловой насос, кВт	20	20%	электр окотел 4,5 кВт	566800	37500	1 516 233	16364	3258	19 622	60220	11989	72209
	геозонд, м	840		резервный электр окотел 12 кВт	264600								
	пропилен-гликоль, л	800			64000								
	Бурение скважин, м	400			583333								
70 %	тепловой насос, кВт	18	30%	электр окотел 6 кВт	495950	37500	1 355 450	15949	5190	21 139	58692	19099	77792
	геозонд, м	760		резервный электр окотел 12 кВт	239400								
	пропилен-гликоль, л	720			57600								
	Бурение скважин, м	360			525000								
65 %	тепловой насос, кВт	16	35%	электр окотел 9 кВт	460525	38500	1 231 092	14794	8381	23 175	54442	30842	85284
	геозонд, м	680		резервный электр окотел 12 кВт	214200								
	пропилен-гликоль, л	640			51200								
	Бурение скважин, м	320			466667								

Согласно расчетным данным использование в качестве источника тепла комбинацию теплового насоса грунтового исполнения и электродогревателя позволяет снизить первоначальные затраты на оборудование, комплектующие материалы, бурение скважин, но приводит к увеличению потребления электроэнергии. Повышение эксплуатационных затрат мало, по сравнению со снижением первоначальных капиталовложений. Срок окупаемости проекта с разными пропорциями лежит в пределах 6,4 – 8,6 года. Использование двухтарифных счетчиков на электрическую энергию позволит дополнительно снизить эксплуатационные затраты еще на 15 %.

Бинарный режим работы теплового насоса повышает эффективность за счет сохранения COP на высоком уровне путем снижения темпов охлаждения грунта при максимальных нагрузках. Более тонкий расчет эффективности бинарного режима с учетом прогнозируемого COP позволит определить наиболее выгодные диапазоны использования тепловых насосов без увеличения объемов бурения.

Список литературы

1. Хороших, О. В. Повышение энергетической эффективности объектов энергетики и систем теплоснабжения / О. В. Хороших, А. П. Стариков, А. Н. Громов // Повышение эффективности объектов теплоэнергетики и систем теплоснабжения: Материалы всероссийской научно-технической конференции с международным участием / Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск, 2017. – С. 213 – 220.

2. Хороших, О. В. Инструментальная оценка эффективности теплового насоса / О. В. Хороших, А. П. Стариков // Инновационные проекты и технологии в образовании, промышленности и на транспорте: Межвузовский тематический сборник научных трудов / Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск, 2018. – С. 314 – 320.

3. Некоторые особенности проектирования и эксплуатации теплонасосных систем теплохладоснабжения часть 1. О требуемой тепловой нагрузке системы и мощности теплового насоса / Н. Б. Чиркин, Е. В. Шерстов и др. // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – Харьков, 2010. – № 6 (76). – С. 27 – 36.

Д. В. Либик, Н. С. Трошина

ВНЕДРЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ОБЪЕКТАХ ОМСКОЙ ДИСТАНЦИИ ГРАЖДАНСКИХ СООРУЖЕНИЙ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Представлен ряд реализованных в 2017 году мероприятий, направленных на экономию потребления топливно-энергетических ресурсов. Подведены итоги работы по ресурсосбережению Омской дистанцией гражданских сооружений за 2017 г. Рассмотрены основные преимущества энергосберегающих технологий.

В рамках реализации плана по достижению целевых показателей энергосбережения и повышения энергетической эффективности для Омской дистанции гражданских сооружений в 2017 году был реализован ряд мероприятий направленных на экономию потребления топливно-энергетических ресурсов – тепловой и электрической энергии.

Одним из факторов, влияющих на эффективность использования энергетических ресурсов, является совершенство используемых технологических процессов.

Внедрение на объектах Омской дистанции гражданских сооружений четырех блочных индивидуальных тепловых пунктов (БИТП) в 2017 году (общее количество по дистанции после внедрения в 2017 году составило 22 БИТП) позволило достичь экономию потребления тепловой энергии, благодаря регулированию отпуска тепловой энергии производится в зависимости от наружной температуры или температуры в помещениях. Программирование режимов отопления по часам дня и дням недели позволило поддерживать оптимальные температуры воздуха в помещениях различного назначения (рис. 1).

Внедрение энергоэффективных систем освещения с применением энергосберегающих светильников на объектах Омской дистанции является неотъемлемым энергоэффективным мероприятием, направленным на экономию потребляемой электрической энергии. Одним из объектов, на которых проводилась полная замена осветительных приборов на энергосберегающие, является центр реабилитации на ст. Омск-Пассажирский. В 2017 году было заменено 915 осветительных приборов, что позволило сэкономить 221,237 тыс. кВт*ч в год.



Рис. 1. Блочный индивидуальный тепловой пункт (БИТП) – здание дома отдыха локомотивных бригад ст. Омск-Пассажирский

Мероприятия по построению и развитию производственной системы дистанции, кроме всего прочего, реализуются за счет внедрения технологий бережливого производства.

В 2017 г. в дистанции внедрен проект бережливого производства: «Автоматизация регулировки температурного режима». За счет установки термостата с дистанционным управлением и температурных датчиков автоматизирован процесс управления работой оборудования котельной. Данный проект был признан успешным, и в настоящий момент тиражируется на другие объекты дистанции.

В комплекс реализации мероприятия по повышению энергетической эффективности технологических процессов и объектов инфраструктуры Омской дистанции гражданских сооружений вошли замена старых оконных блоков на современные стеклопакеты и утепление наружных ограждений зданий, реализуемых при капитальном и текущем ремонте объектов, что позволило сократить тепловые потери и тем самым уменьшить потребление тепловой и электрической энергии.

По итогам 2017 года суммарный экономический эффект от реализации вышеуказанных мероприятий в натуральном выражении составил 843,047 тыс. кВт*ч и 1359,502 Гкал, что в стоимостном выражении составило 3,928 млн. руб.

На 2018 г. также составлен план мероприятий для достижения целевых

показателей энергосбережения и повышения энергетической эффективности для Омской дистанции гражданских сооружений, в рамках которого запланирован экономический эффект в размере 2,743 млн. руб.

Проводимая на постоянных основах в дистанции работа по внедрению нового оборудования, позволяет улучшить условия труда на рабочих местах, в соответствии с требованиями Российского законодательства, нормативных документов отрасли. Результатом данной работы является получение коллективом дистанции в 2017 году Сертификата доверия в рамках проекта «Добровольное декларирование работодателями Омской области соответствия условий и охраны труда требованиям трудового законодательства», что подтверждает исполнение работодателем своих обязательств.

УДК 629.1

А. А. Куандыкова, М. В. Кокшаров

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАФИКА ТЕПЛОВОЙ СЕТИ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

В настоящее время повсеместно наблюдается снижение температурного графика теплоснабжения. Исследования зарубежных и отечественных специалистов показывают не однозначность данного вопроса. В работе рассмотрены варианты возможного снижения и намечены перспективы экономической целесообразности использования пониженных температурных графиков тепловой сети.

В классической теории теплоснабжения выделяют три вида регулирования систем теплоснабжения и теплопотребления: качественное, количественное и качественно-количественное.

Общеизвестна зависимость расхода сетевой воды в тепловых сетях от количества транспортируемой тепловой энергии и температуры теплоносителя. До начала 90-х годов прошлого столетия инженерные системы транспортировки и потребления тепловой энергии проектировались на температурные графики качественного регулирования в диапазоне температур сетевой воды 150-70 °С. Применение температурных графиков с высокими параметрами теплоносителя, иногда с параметрами 170-70 °С, обосновывалось экономической эффективностью, основанной на принципах соблюдения

оптимального баланса стоимостных характеристик топлива и капитальных затрат на строительство источников теплоснабжения и тепловых сетей [1].

В силу высокого износа инженерных коммуникаций в целях безопасного и надежного теплоснабжения с середины 90-х годов двадцатого века наблюдалась тенденция повсеместного снижения температурных графиков теплоснабжения. Данное обстоятельство носило системный характер и было следствием недостаточного темпа ремонтных кампаний как тепловых сетей и технических сооружений, так и систем теплопотребления зданий. В меньшей степени снижение температурных параметров теплоносителя было характерной причиной экономии топлива среди промышленно-отопительных и муниципальных котельных.

С точки зрения системной оценки сегодняшнего положения дел, необходимо отметить существующие проблемы и качественные улучшения.

В частности, Распоряжением Правительства РФ от 13.11.2009 N 1715-р утверждена Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. Целью энергетической политики России является максимально эффективное использование природных энергетических ресурсов и потенциала энергетического сектора для устойчивого роста экономики, повышения качества жизни населения страны и содействия укреплению ее внешнеэкономических позиций [3].

В условиях государственной поддержки реализован ряд мероприятий, направленных на энергосбережение, повышение энергетической эффективности объектов инфраструктуры энергетического комплекса, в том числе конечных потребителей ресурсов.

Однако, несмотря на государственную политику и выполняемую в стихийном и аварийном режиме модернизацию инженерных коммуникаций объектов теплопотребления, констатируем недостаточность и неполноту мер. При этом, не меньшей проблемой остается состояние внутриквартальных тепловых сетей, что, в свою очередь, препятствует безопасно и в полной мере реализовать транспортировку теплоносителя с высокими параметрами.

Как известно, для источников с комбинированной выработкой тепловой и электрической энергии понижение параметров отпускаемого теплоносителя приводит к дополнительным затратам.

В свою очередь, понижение температуры теплоносителя в тепловой сети приводит к снижению потерь тепловой энергии и повышению надежности

эксплуатации транспортных коммуникаций. К тому же, это позволяет использовать при эксплуатации и монтаже инженерных (внутридомовых) коммуникаций на объектах оборудование и материалы более низких характеристик надежности, что значительно удешевляет и упрощает процесс монтажа. Например, применение полипропиленовых (пластиковых) труб.

Наряду с этим, при высоких значениях температуры сетевой воды необходимо поддерживать высокий уровень давления во избежание ее вскипания. В открытых системах и системах с зависимым подключением теплопотребляющих установок возрастает вероятность попадания теплоносителя с недопустимо высокой температурой в отопительные приборы потребителя.

Необходимо отметить, существенным преимуществом температурных графиков с высокими параметрами теплоносителя является относительно низкий удельный расход сетевой воды – 12,5 куб. м/Гкал. Благодаря этому критерию возможна прокладка трубопроводов в ограниченном пространстве городов [1].

При снижении температурного графика регулирования требуется увеличение расхода теплоносителя для поддержания тепловой мощности. Установлено, снижение температурного графика на 10 °С влечет увеличение расхода сетевой воды на 12,5 %, на 20 °С – на 25 %. В свою очередь, увеличение расхода теплоносителя при неизменных условных диаметрах трубопроводов влечет увеличение скорости потока и квадратичному росту гидравлических сопротивлений. Снижение температурного напора у потребителей влечет увеличение поверхностей теплообмена теплообменных аппаратов, трубопроводов, запорно-регулирующей арматуры. Поэтому следствием снижения температурного графика тепловой сети будет увеличение затрат на транспортировку теплоносителя.

В настоящее время регламентированным является проектный температурный график 150-70 °С, или близкий к нему. При этом при разработке проектных решений индивидуальных тепловых пунктов неременным требованием является ограничение расхода сетевой воды из подающего теплопровода тепловой сети в течение всего отопительного периода. В итоге, при эксплуатации систем теплопотребления основным требованием служит проектный температурный график регулирования, а не реальный. На практике, во многих городах России разработка схем

теплоснабжения городов и поселений осуществляется при проектном графике регулирования 150-70 °С, тогда как реальный, как правило, обеспечиваются со срезкой 110 °С. Несоответствие регламентированного и фактического проектных температурных графиков приводит к серьезным нарушениям гидравлических режимов.

В итоге, можем констатировать, что температура сетевой воды в системах теплоснабжения может поддерживается значительно ниже расчетной, и отклонение может достигать 40 °С. В подобных условиях может наблюдать такое явление как «недогрев» сетевой воды, который существенно снижается качество теплоснабжения и вынуждает компенсировать это различными способами.

В автоматизированных индивидуальных тепловых пунктах «недогрев» сетевой воды компенсируется увеличением расхода, что приводит к разбалансировке тепловой сети и нарушению циркуляции у тупиковых потребителей. В то же время, увеличение расхода теплоносителя в автоматизированных тепловых пунктах приводит к снижению расхода в гидравлически зависимых элеваторных узлах. Недостаток теплоносителя, проходящего через элеваторный смесительный узел, компенсируется увеличением диаметра сопла, что, в свою очередь, усугубляет ситуацию разбалансирования гидравлического режима тепловой сети. По экспертной оценке, при максимальной нагрузке системы отопления и расчетной температуре наружного воздуха – 37 °С снижение температуры сетевой воды в подающем трубопроводе со 150 до 115 °С может привести к снижению расчетной температуры воздуха внутри помещения с 20 до 8,1 °С, а при понижении до 100 °С – до 3,7 °С [2].

С другой стороны, изменение требований законодательства в части повышения температуры воды на горячее водоснабжение до 65 °С отрицательно повлияло на гидравлический режим тепловой сети. Так при относительно высоких температурах наружного воздуха и снижении температуры сетевой воды в подающем трубопроводе наблюдается увеличение расхода через поверхности теплообменных аппаратов при приготовлении услуги горячего водоснабжения. В итоге, при эксплуатации узлов смешения и теплообменных аппаратов в нерасчетных режимах с низким температурным перепадом это влечет к увеличению температуры обратной сетевой воды, что отрицательно сказывается на энергоэффективности системы теплоснабжения и

ведет к нерациональному использованию энергоресурсов.

Исследование существующих практик в поле применения пониженных температурных графиков в теплоснабжении в зарубежных странах, выполненное ЗАО Инженерный центр «Энергетика города» продемонстрировало актуальность данной тематики во многих странах. В ряде европейских стран с развитой системой централизованного теплоснабжения наблюдается тенденция значительного снижения температуры теплоносителя. К примеру, в большинстве систем теплоснабжения Дании, Финляндии и Германии расчетные параметры теплоносителя в тепловых сетях 110-55 °С, а в системах отопления 75-55 °С. Указанные страны по своим климатическим условиям схожи с сибирскими регионами России. Явное снижение температуры теплоносителя стало возможным посредством повышения тепловой защиты зданий. Более того, как показали исследования, снижение температуры теплоносителя, в некотором смысле, повышает комфортность в помещении за счет увеличения площади поверхностей теплообмена отопительных приборов. В дополнение, это позволяет использовать один узел смешения для радиаторного отопления и систем теплого пола, а большая длина отопительных приборов под оконными проемами равномерней отсекает потоки холодного воздуха.

Резюмируя вышесказанное, можно сделать вывод, что у снижения температурного графика регулирования есть положительные и отрицательные стороны. К положительным аспектам можно отнести:

1. Снижение тепловых потерь в трубопроводах тепловой сети;
2. Повышение эффективности комбинированных источников за счет увеличения выработки электрической энергии на тепловом потреблении;
3. Повышение надежности тепловой сети в результате снижения температурных расширений, и высоких температур теплоносителя в системах регулирования потребителей;
4. Повышение уровня комфорта в отапливаемых помещениях при условии выполнения реконструкции отопительной системы связанной с изменением температурного графика;
5. Сокращение затрат на реконструкцию и содержание сетевого теплообменного оборудования теплоисточников, так как появляется возможность использования теплоносителя с более низкими параметрами.

Однако, без предварительной подготовки существующих систем

теплоснабжения невозможно успешно перейти на пониженные температурные графики регулирования тепловой сети.

Исследовав данную область проблемного поля, изучив положительный опыт зарубежных стран, полагаем, что для гармоничного и эффективного перехода на измененные температурные графики необходимо выполнить ряд мероприятий. К обязательным из них рекомендуем отнести:

1. Выполнение модернизации тепловых сетей с целью увеличения их пропускной способности.

2. Выполнение реконструкции морально устаревших элеваторных узлов и модернизации автоматизированных узлов смещения систем теплоснабжения. При этом, главным образом реконструкция и модернизация должны затронуть теплообменное оборудование.

3. Соответствие проектного температурного графика тепловой сети с фактическим эксплуатационным.

4. На законодательном уровне необходимо снизить требования к минимальной температуре воды на горячее водоснабжение до комфортного значения – 50 °С. Поскольку подача воды на горячее водоснабжение в соответствии с действующими нормативными характеристиками не позволяет снизить температуру сетевой воды в подающем трубопроводе до значений ниже 70 °С, а по закону тепломассообмена поддерживать температуру обратной сетевой воды ниже 45 °С.

5. Качественное повышение тепловой защиты (изоляции) зданий, в том числе путем утепления ограждающих конструкций зданий и/или увеличения площади отопительных приборов.

Список литературы

1. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети, 7-е изд. / Е. Я. Соколов. – М.: Издательство МЭИ, 2001 г.

2. Петрущенко, В. А. Обоснование пониженного температурного графика регулирования централизованных систем теплоснабжения / В. А. Петрущенко // Журнал «Новости теплоснабжения». – № 8 (180). – 2015 г.

3. Распоряжение Правительства РФ от 13.11.2009 № 1715-р «Об Энергетической стратегии России на период до 2030 года».

Р. С. Симак, А. С. Туканова

ПОДХОДЫ К ЦЕНООБРАЗОВАНИЮ В СФЕРЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБСЛЕДОВАНИЙ

Проведен анализ основных подходов к ценообразованию в сфере энергетических обследований. Представлена система показателей, обосновывающих расчет цены проведения энергоаудита и методика оценки предельной стоимости проведения энергетического обследования. Приведены результаты апробации данной методики в ОАО «Российские железные дороги», анализ удельной стоимости проведения обследований в расчете на одно структурное подразделение, а также представлена сводная информация по усредненной трудоемкости процесса энергоаудита железнодорожных предприятий.

Российские железные дороги это холдинговая компания по своим характеристикам относящаяся к пятерке крупнейших мировых железнодорожных организаций [1] и, соответственно, являющаяся крупным и стабильным потребителем энергоресурсов, доля затрат на которые в издержках компании составляет около 20% [2]. Поэтому вопросы энергосбережения являются приоритетными для компании, что соответствует действующему законодательству [3–6].

Общий объем экономии топливно-энергетических ресурсов от выполнения мероприятий Программы энергосбережения и повышения энергетической эффективности ОАО «РЖД» на 2016–2018 годы в 2016 году составил 8 419,7 ТДж (+21,8 % к плану) на сумму 4,989 млрд руб., что является одним из лучших результатов энергосберегающей деятельности ОАО «РЖД», проводимой в том числе и по результатам энергетических обследований.

Одна из актуальных проблем в области проведения энергетических обследований - отсутствие единой методики расчета стоимостных показателей процесса энергетического аудита.

Существуют несколько подходов решающих данную проблему. Первым широко распространенным способом определения стоимости энергетического обследования является способ, основанный на использовании прейскуранта Минжилхоза РСФСР 26-05-204-01 (книга вторая – «Наладка энергетического оборудования») с акцентом на выполнение энергосберегающих мероприятий и Прейскуранта № 06-05-45 (книга вторая – «Оптовые цены на ремонт и наладку

электроэнергетического, энерготехнологического оборудования и средств измерений, выполненные предприятиями Минхимнефтепрома СССР»).

Ценники, разработанные некоммерческим партнерством «Ассоциация энергоаудиторских фирм», правительством Москвы, а также прейскурант на проведение энергетических обследований в республике Беларусь, представленные в открытом доступе, основаны на вышеуказанных документах. И при этом все они содержат существенный недостаток - цены определенные в данных прейскурантах сформулированы для 1986 г. (ссылка в документе прейскуранта).

Безусловно, возможно построение прейскуранта на основе данных документов, но следует учесть, что за период с 1986 года в экономике возникли существенные ценовые диспропорции, не позволяющие корректно сформировать смету на энергетическое обследование, используя только лишь коэффициент поправки на инфляцию.

Кроме того, данные прейскуранты позволяют реально завысить цены на проведение энергетических обследований, вследствие указанных диспропорций. Таким образом, заказчик должен либо оговаривать непосредственный перечень работ, что ведет к необходимости предварительного энергетического обследования, либо в соответствии с условиями проводимого конкурса от участия могут быть отстранены лица, обладающие высокими навыками и квалификацией, позволяющими проводить энергетическое обследование с высоким качеством.

При всех указанных недостатках, данный прейскурант обладает существенным плюсом: имеется возможность определения базовой трудоемкости, а наличие комплекса коэффициентов позволяет адаптировать трудозатраты на проведение энергетических обследований к большей части объектов.

Вторым подходом к ценообразованию в области энергетических обследований является использование доли от стоимости потребляемых ТЭР (в пределах 0,5-2 % от годовой стоимости потребленных ТЭР). Минусом подобного подхода является то, что экономически выгодными и привлекательными объектами являются организации с высоким энергопотреблением, организации, с низким потреблением, подпадающие под действие 261-ФЗ сталкиваются с проблемой привлечения подрядчика на данный вид работы. Кроме того, использование данного подхода допускает

определенную вариацию, связанную с изменением цен на ТЭР в течение года - действительно, как определять базу для расчета стоимости энергоаудита - по цене учета в рамках бухгалтерской отчетности, по цене начала или конца года? Вариация, в данном случае будет связана с фиксированием цены на ТЭР на определенный момент: дата может быть определена на момент формирования бюджета заказчика, где выделяются финансовые средства, дата объявления конкурса, дата заключения договора и т.д.

Третьим подходом является определение цены на основе данных предшествующего периода с корректировкой на рост цен. Безусловно, такой подход экономически обоснован, однако он учитывает лишь сложившуюся практику, и в зависимости от территориального расположения организации осуществляющей энергетическое обследование предлагаемая цена за выполнение работ по одному и тому же объекту будет существенно отличаться.

Очевидно, что существующие подходы наряду с преимуществами, обладают рядом недостатков, не позволяющих сделать однозначный выбор в пользу того или иного способа установления предельной цены. Представляется, что обоснованным вариантом формирования предельной цены является способ формирования на основе фактических трудозатрат на проведение энергетического обследования.

Причиной выбора трудозатрат, как основы расчета цены является то, что именно затраты на оплату труда энергоаудиторов являются наиболее весомой составляющей в стоимости проведения энергетического обследования.

В разработанной авторами системе (методике) определения стоимости проведения энергетического обследования представлены нормативы, основанные на изучении отраслевых норм и имеющихся методических рекомендаций и ценников, а также сложившейся практики различных организаций.

В состав калькуляции на выполнение работ по энергетическому обследованию входят следующие статьи затрат:

1. Оплата работ, выполняемых соисполнителями.
2. Материалы.
3. Заработная плата.
4. Начисления на заработную плату.
5. Прочие прямые расходы.
6. Накладные расходы.

7. Рентабельность.

Основой калькуляции стоимости энергообследования являются затраты на заработную плату, определяемые трудоемкостью выполнения работ и стоимости единицы трудозатрат, по следующей формуле:

$$Z_{\text{зп}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_i T_j, \quad (1)$$

где c_i – цена единицы трудозатрат у i -го работника, руб./ (чел. · ч), принимается по ставкам, действующим в организации проводящей энергетическое обследование (включает базовую ставку и районный коэффициент); n – количество работников, привлекаемых для выполнения договорного объема работ по энергетическому обследованию; m – количество видов работ, выполняемых в рамках энергетического обследования предприятия; T_j – трудоемкость j -й работы, чел. · ч.

Все виды работ, выполняемые в процессе энергетического обследования, в методике разделяются на общие и специфические. К общим работам относятся те виды деятельности энергоаудитора, которые необходимо выполнять вне зависимости от типа объекта, например, формирование первого раздела отчета, включающего общую характеристику предприятия, анализ показателей основной деятельности, заполнение форм энергетического паспорта и т.д.

Специфические виды работ относятся к конкретным подразделениям или их группам, например - обследование системы тягового электроснабжения в ЭЧ, анализ потребления электроэнергии на тягу поездов в ТЧЭ, обследование автотранспортной техники и специального подвижного состава и т.д.

Предельные затраты на проведение энергетического обследования (с учетом НДС) определяются из следующего выражения:

$$Z_n = (Z_c + Z_m + Z_{\text{зп}} + Z_{\text{нач}} + Z_{\text{пр}} + Z_{\text{нак}} + \Pi) \text{НДС}, \quad (2)$$

где Z_c – оплата работ, выполняемых соисполнителями, руб.; Z_m – стоимость материалов, руб.; $Z_{\text{зп}}$ – заработная плата основного персонала, руб.; $Z_{\text{нач}}$ – начисления на заработную плату основного персонала, руб.; $Z_{\text{пр}}$ – прочие прямые расходы, руб.; $Z_{\text{нак}}$ – накладные расходы, руб.; Π – прибыль, руб. НДС – налог на добавленную стоимость.

Иначе данное выражение можно записать как:

$$Z_n = (Z_m + Z_{zn}(1 + k_1 + k_2))(k_3 + k_4 \cdot k_5) \cdot НДС, \quad (3)$$

где k_1 – величина страховых взносов, принимается в размере 0,302; k_2 – предельная доля командировочных расходов; k_3 – предельная доля оплаты труда соисполнителей; k_4 – предельный коэффициент накладных расходов; k_5 – предельная норма рентабельности.

Значение k_2 можно принять на основании рекомендации [7] в размере не более 40% от фонда оплаты труда. Значение k_3 рекомендуется определять на основе требований заказчиков, определяемых в конкурсной документации. Требования к оплате труда соисполнителей определяется в размере не более 30% от суммы договора. Значение k_4 , в соответствии с действующими нормативными документами, устанавливается предприятиями самостоятельно, но если отталкиваться от статистики, то в среднем по предприятиям отрасли следует принять данный коэффициент в размере 10% от прямых затрат. Значение k_5 целесообразно устанавливать, отталкиваясь от рекомендаций по ценообразованию и приравнять к 10% от прямых затрат.

В соответствии с распоряжением ОАО «РЖД» [8] была утверждена методика определения стоимости работ по проведению энергетического обследования, по результатам апробации которой были получены значения, представленные на рис. 1, в разрезе железных дорог - филиалов ОАО "РЖД".

По результатам анализа рис. 1, наблюдается достаточно слабая обратно пропорциональная взаимосвязь между количеством структурных подразделений в границах железной дороги и удельной средней стоимостью проведения энергетического обследования одного подразделения. Средняя стоимость проведения энергетического обследования одного подразделения составила около 1700 тыс. руб. Широкий разброс величины удельной стоимости проведения энергетического обследования от 500 тыс. руб. до 4 млн. руб. объясняется различным масштабом структурных подразделений, включающих в себя как крупные предприятия (локомотивные депо, дирекции тепловодоснабжения и т.д.), так и сравнительно небольшие (дистанции пути, гражданских сооружений и т.д.)

По результатам анализа трудоемкости проведения энергетического обследования получены следующие усредненные результаты в разрезе видов структурных подразделений ОАО «РЖД» (табл. 1).

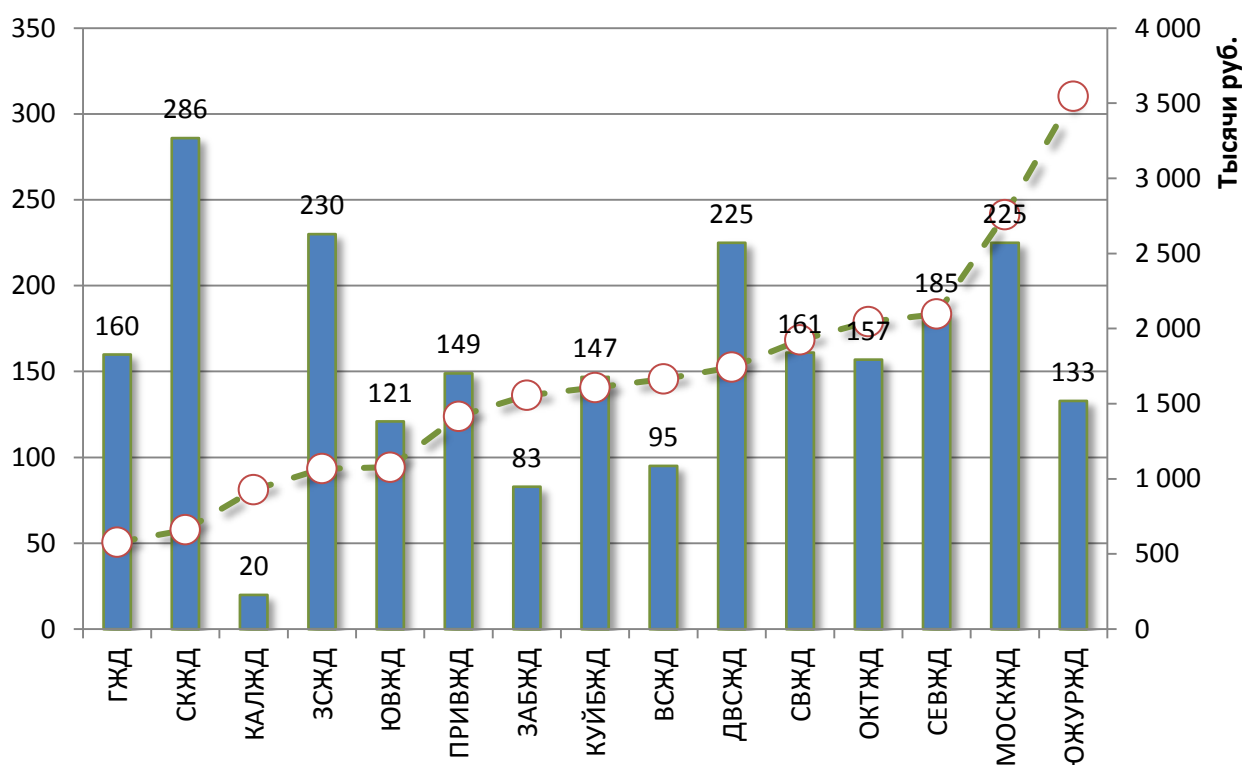


Рис. 1. Распределение удельной усредненной стоимости проведения энергетического обследования и числа подразделений по железным дорогам – филиалам АО «РЖД»

Таблица 1

Результаты анализа трудоемкости проведения энергетического обследования

Вид структурного подразделения	Расчетная трудоемкость, чел·ч
Дирекция тепловодоснабжения (ДТВ)	5773
Локомотивное ремонтное депо (ТЧР)	3075
Вагонное ремонтное депо (ВЧДР)	2764
Локомотивное эксплуатационное депо (ТЧЭ)	2041
Вагонное эксплуатационное депо (ВЧДЭ)	2018
Дистанция гражданских сооружений (НГЧ)	1839
Региональный центр связи (РЦС)	1445
Дистанция пути (ПЧ)	686
Железнодорожная станция (ДС)	668

Анализ представленных данных позволяет сделать вывод, что наиболее трудоемкими и, соответственно, дорогими при проведении энергетических обследований являются дирекции тепловодоснабжения, локомотивные и вагонные ремонтные депо, на балансе которых находится большое количество технологического оборудования, зданий и сооружений, а также котельных, что и обуславливает высокий уровень трудозатрат.

Список литературы

1. Годовой отчет ОАО «Российские железные дороги» за 2016 год / URL: http://ir.rzd.ru/static/public/ru?STRUCTURE_ID=32#2. (дата запроса информации – 31.03.2018).
2. Гапанович В. А. Энергоэффективность – путь к снижению затрат и к экологической безопасности [Текст] / В. А. Гапанович // Железнодорожный транспорт. – №8. – 2014 – С. 22 – 25.
3. Федеральный закон от 23.11.2009 N 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [Текст] / «Собрание законодательства РФ», 30.11.2009, N 48, ст. 5711
4. Распоряжение Правительства РФ от 03.04.2013 N 512-р "Об утверждении государственной программы «Энергоэффективность и развитие энергетики» [Текст] / Собрание законодательства РФ, 08.04.2013, N 14, ст. 1739.
5. Энергетическая стратегия холдинга Российские железные дороги на период до 2015 года и на перспективу до 2030 года [Текст] / Утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 15.12.2011 г. № 2718р.
6. Федеральный закон от 23.11.2009 N 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [Текст] // «Собрание законодательства РФ», 30.11.2009, N 48, ст. 5711.
7. Постановление Правительства Российской Федерации от 16 августа 2014 г. N 818 «Об установлении объема энергетических ресурсов в стоимостном выражении для целей проведения обязательных энергетических обследований» [Текст] // «Собрание законодательства РФ», 25.08.2014, N 34, ст. 4675.
8. Распоряжение ОАО «РЖД» от 31.03.2011 N 685р "Об утверждении документов по энергетическому обследованию объектов ОАО "РЖД".

Е. М. Резанов, П. В. Петров

О ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ УТЕПЛЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ СТЕН ЗДАНИЙ

В статье рассмотрены способы утепления тепловой изоляцией стен зданий. Предложен технико-экономический способ определения оптимальной толщины утепления тепловой изоляцией ограждающих конструкций стен зданий.

Результатом совершенствования конструктивных решений по повышению тепловой эффективности ограждающих конструкций стен зданий является огромный опыт в области строительства.

Архитектурный фонд Российской Федерации характеризуется разнообразными сериями и периодичностью возведения зданий: дореволюционные постройки – 4 %; постройки 1917-1960 годов – 18 %; с 1961 года по настоящее время – 78 % [1, с. 30].

Энергосбережение в строительстве развивается с 70-х годов прошлого века в рамках общей концепции экономии энергоресурсов. Энергетически эффективные здания, как новое направление в экспериментальном строительстве, появились после мирового энергетического кризиса 1974 года.

Главным направлением энергосбережения в зданиях и сооружениях является повышение теплоизоляционных свойств ограждающих конструкций. Данные термографических обследований зданий показывают: на наружные стены приходится до 30 % потерь тепловой энергии, на светопрозрачные ограждения – 25 %, на пол и потолок – 5 % и 40 % – расход тепла на нагрев инфильтруемого наружного воздуха в объеме, необходимом для вентиляции [2].

При исполнении нормативной базы применяют новые теплоизоляционные материалы и конструкции. Использование устаревших теплозащитных материалов приводит к увеличению толщины наружных ограждающих конструкций и их стоимости. Например, при сохранении однослойной конструкции стен из полнотелого кирпича толщина может составлять около двух метров. Соответственно для обеспечения требуемых показателей внешние ограждающие конструкции стен зданий проектируют многослойными, содержащими несущий и теплоизоляционный слой (рис. 1).

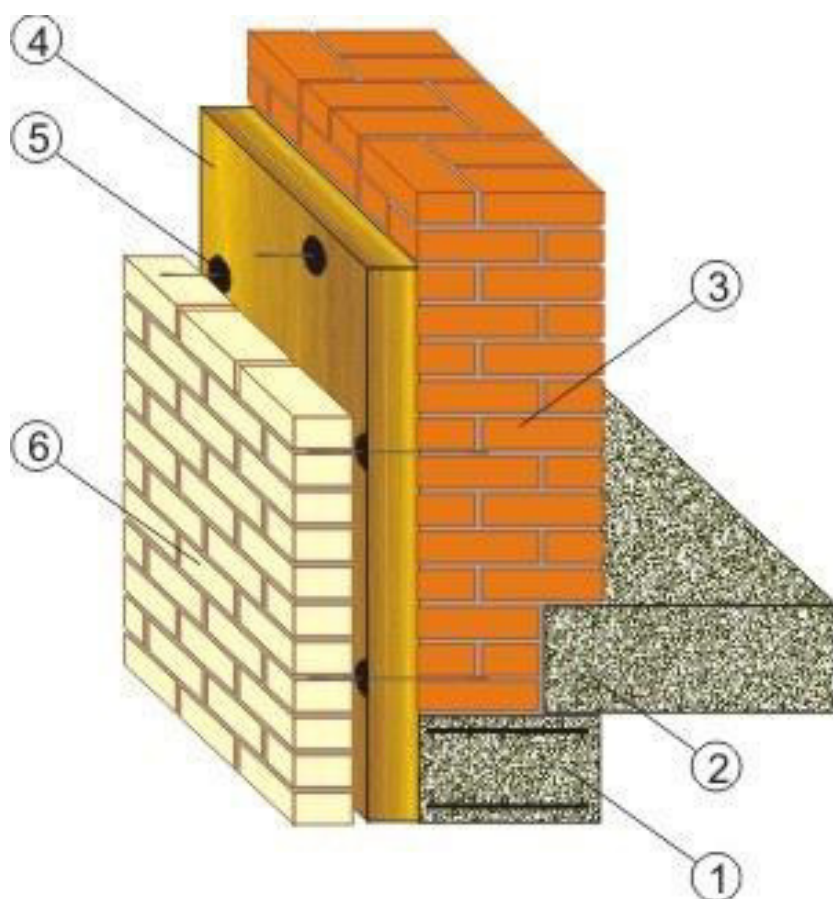


Рис. 1. Многослойная конструкция стены:

- 1 – монолитно-армированный пояс; 2 – железобетонная плита перекрытия;
3 – несущая стена из кирпича; 4 – теплоизоляционный слой; 5 – связи с фиксирующим кольцом; 6 – кладка из лицевого кирпича.

Применение многослойной конструкции снизило количество и размер мостиков холода, которые появлялись при установке теплоизоляционного слоя между железобетонными элементами ограждающей конструкции. Между утеплителем и стеной по конструктивным особенностям проходило железобетонное ребро, имевшее высокий коэффициент теплопроводности. Поэтому в конструкциях стали использовать металлические и стеклопластиковые дискретные связи, что привело к повышению теплотехнической однородности конструкции и повышению приведенного сопротивления теплопередаче.

В структуру применяемых теплозащитных материалов в настоящее время входят минераловатные изделия и стекловатные материалы, пенопласты, теплоизоляционные бетоны, вспученный перлит, вермикулит и изделий на их основе. При использовании эффективных теплоизоляционных материалов по периметру здания с каждого его метра за счет уменьшения толщины наружных

ограждающих конструкций высвобождается примерно по $0,25 \text{ м}^2$ полезной площади. Также многослойные системы утепления позволяют снизить нагрузку на фундамент и сократить расходы на возведение.

Наиболее исследуемый теплоизоляционный материал считается сегмент экструдированного пенополистирола. Он имеет низкий коэффициент теплопроводности $0,03 \text{ Вт/(м·К)}$ и практически нулевой показатель влагопоглощения [3].

Основной проблемой остается вопрос долговечности теплоизоляционного материала при эксплуатации в ограждающих конструкциях. В первую очередь это относится к волокнистым утеплителям и пенопластам. Исследования свидетельствуют о том, что срок службы теплоизоляционного материала из стекловолокна или на основе минеральной ваты составляет примерно 25-30 лет, по истечению этого срока возрастает коэффициент теплопроводности [4].

Помимо применения утеплителей повышение теплоизоляции достигается за счет материалов на минеральной основе: газо- и пенобетонов, полистиролбетона, а также пустотелых крупноформатных керамических материалов из пористой керамики. Легкие ячеистые бетоны позволяют экономить тепло и снижать энергетические затраты примерно на 20 %. Так же использование конструкционного легкого бетона позволяет экономить 50 % массы при строительстве высотных зданий. Такие легкие бетоны применяются для производства однослойных наружных стен [5].

При использовании вторичных энергетических ресурсов легкие бетоны можно производить с использованием пористых заполнителей из технологических отходов (шлаки, шламы, золы, осадки сточных вод, бытовой мусор и т. д.), что удешевляет их стоимость.

В последние годы в строительстве для обеспечения теплозащиты применяют наружные стены с фасадными системами. Наружное расположение теплоизоляции в общем балансе тепловых потерь значительно более эффективно. Во-первых, очередь из-за существенного превышения суммарной длины теплопроводных включений примыканий внутренних стен и перекрытий по фасадам зданий, длины теплопроводных включений в углах. В случае устройства теплоизоляции снаружи толщина слоя утеплителя может быть на 25-35 % меньше, чем при внутренней теплоизоляции. Еще одним преимуществом наружной теплоизоляции является возрастание теплоаккумулирующей способности массивной части стены. Наружная

теплоизоляция кирпичных стен при отключении источника тепла остывает медленнее, чем внутренняя теплоизоляция, при одной и той же толщине слоя утеплителя.

Используемые в настоящее время фасадные системы можно классифицировать:

1. Со штукатурным слоем (предусматривает клеевое или механическое закрепление утеплителя с помощью анкеров, дюбелей и каркасов к несущей части стены с последующим оштукатуриванием);
2. С облицовкой кирпичом или другими мелкоштучными материалами;
3. С защитно-декоративным экраном (выполняются с воздушным вентилируемым зазором между утеплителем и экраном).

Научно-исследовательские организации и промышленные производители предлагают технологические решения, обеспечивающие рост энергетической эффективности зданий. Эти решения в достаточной степени известны специалистам и при наличии достаточных стимулов могут быть внедрены в практику строительства. Главным фактором применения и выбора энергетически эффективных технологических решений при утеплении зданий является отсутствие скоординированной и целенаправленной политики.

Основной задачей остается формирование грамотного технико-экономического выбора теплосберегающих технологий при утеплении зданий с соблюдением нормативной базы.

Внедрение теплосберегающих решений в строительство должно быть экономически обосновано, иначе вложение затраты на строительство, реконструкцию и модернизацию зданий не целесообразно. Поэтому возникает необходимость в разработке методике, позволяющей оценивать эффективность применения утепления с технико-экономических позиций.

Существующие методы теплового расчета ограждающих конструкций стен зданий основаны на эмпирических закономерностях и отражают свойственный им характер теплообмена, не учитывая влияние технико-экономического обоснования.

Применение тепловой изоляции для утепления наружных ограждающих конструкций стен – основное мероприятие по повышению эффективности теплового режима зданий. Однако это ведет к увеличению затрат на теплоизоляционные материалы, поэтому целесообразно определять оптимальную толщину утепления тепловой изоляцией ограждающих

конструкций стен зданий.

Значение оптимальной толщины утепления тепловой изоляцией ограждающих конструкций стен зданий можно найти, исходя из минимума суммарных приведенных дисконтированных затрат на ограждающие конструкции стен зданий, при приравнении к нулю частных производных функции по оптимизируемому параметру, р./год [6, с. 110]:

$$\frac{dI_{\text{ст}}}{d\delta_{\text{ут}}} = \Pi_{\text{т}} \cdot \frac{dQ_{\text{ст}}}{d\delta_{\text{ут}}} + (E_{\text{ст}} + H_{\text{ст}}) \cdot \frac{dK_{\text{ст}}}{d\delta_{\text{ут}}} = 0, \quad (1)$$

где $I_{\text{ст}}$ – приведенные дисконтированные затраты на утепление тепловой изоляцией наружных ограждающих конструкций стен зданий, р./год; $\delta_{\text{ут}}$ – толщина утепляющего слоя теплоизоляционного материала ограждающей конструкции стен здания, м; $\Pi_{\text{т}}$ – стоимость тепловой энергии, р./Дж; $Q_{\text{ст}}$ – годовой объем тепловой энергии, рассеиваемой в окружающую среду от наружных ограждающих конструкций стен здания, Дж/год; $E_{\text{ст}}$ – коэффициент эффективности инвестиций в утепление тепловой изоляцией ограждающих конструкций стен зданий, 1/год; $H_{\text{ст}}$ – норма отчислений в относительных единицах на амортизацию и ежегодное обслуживание ограждающих конструкций стен здания, 1/год; $K_{\text{ст}}$ – капитальные вложения в теплосберегающие мероприятия по утеплению ограждающих конструкции стен здания, р.

Применение оптимизации обеспечивает нахождение наиболее выгодных решений, для достижения максимального технико-экономического эффекта при наименьших затратах.

Список литературы

1. Основные направления совершенствования тепловой работы зданий и сооружений при капитальном ремонте [Текст] / Е. М. Резанов и др. // Энергетика и ЖКХ. – 2015. – № 3(34). – С. 30 – 33.
2. Определение оптимальной толщины тепловой изоляции ограждающих конструкций зданий при капитальном ремонте [Текст] / Е. М. Резанов и др. // Омский научный вестник. – 2015. – № 3(143). – С. 254 – 258.
3. Коканин, С. В. Исследование долговечности теплоизоляционных материалов на основе пенополистирола [Текст]: Дис. на соиск. учен. степени кан. техн. наук. – Иваново, 2011. – 170 с.

4. Ли, А. В. Долговечность энергоэффективных полимерсодержащих ограждающих конструкций [Текст]: Дис. канд. техн. наук: 05.23.01 / Ли Андрей Валерьевич. – Хабаровск, 2003. – 141 с.

5. Давидюк, А. Н. Конструкционно-теплоизоляционные легкие бетоны на стекловидных пористых заполнителях [Текст]: Дис. на соиск. учен. степени докт. техн. наук. – Ростов-на-Дону, 2009. – 387 с.

6. Методика эффективного расчета утепления наружных ограждающих конструкций стен зданий при проведении капитального ремонта [Текст] / В. Р. Ведрученко и др. // Омский научный вестник. – 2016. – № 6(150). – С. 109 – 113.

УДК 721.011.1:697.7

С. В. Глухов, М. В. Глухова

СИСТЕМА ИНДИВИДУАЛЬНОГО ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье приведено описание объекта исследования, предлагаемое техническое решение, расчет требуемой площади поверхности коллекторов и экономического эффекта при установке солнечных коллекторов вакуумного типа в климатических условиях города Омска для обеспечения потребителей горячей водой.

В последние десятилетия активно обсуждаются варианты использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, разрабатываются и применяются новые технологии и материалы, позволяющие максимально эффективно использовать энергию солнца, воды, ветра и недр Земли. Российская Федерация, хоть и обладает огромным запасом традиционных источников энергии, но, тем не менее, включилась в активную (пусть и в меньшей степени, чем развитые страны) реализацию программ по использованию НВИЭ совсем недавно. Принятие Федерального Закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергоэффективности...», ряда иных нормативно-правовых актов, а также использование опыта зарубежных стран в вопросах нетрадиционной энергетики открывает новые широкие горизонты для развития энергетики России.

Для отечественной энергетики важны возможности и перспективы применения альтернативных ископаемому топливу источников энергии нашей

страны в целом. Однако прежде чем решать вопрос о целесообразности использования НВИЭ в масштабах страны, необходимо решить этот вопрос для каждого конкретного региона. В Сибирском федеральном округе по данным на начало 2012 года проживает около 19,28 млн. человек (13,13 % от населения РФ) и потребляют порядка 20 % от общего потребления тепловой энергии на нужды ГВС, отопления и вентиляции. Климатические факторы обуславливают огромные затраты на производство и транспорт тепла. В данной индивидуальном проекте приведены некоторые результаты исследования о целесообразности применения солнечных коллекторов, проведенного для климатических условий города Омска.

В качестве рассматриваемого объекта исследования принят многоквартирный жилой дом (МКД) переменной этажности 9-12 этажей имеющей 113 квартир с расчетным количеством проживающих 300 человек расположенный в г. Омске по ул. М.Жукова. На рис. 1, 2 приведены общий вид МКД и план здания (спутниковая съемка) – для оценки площади покрытия.

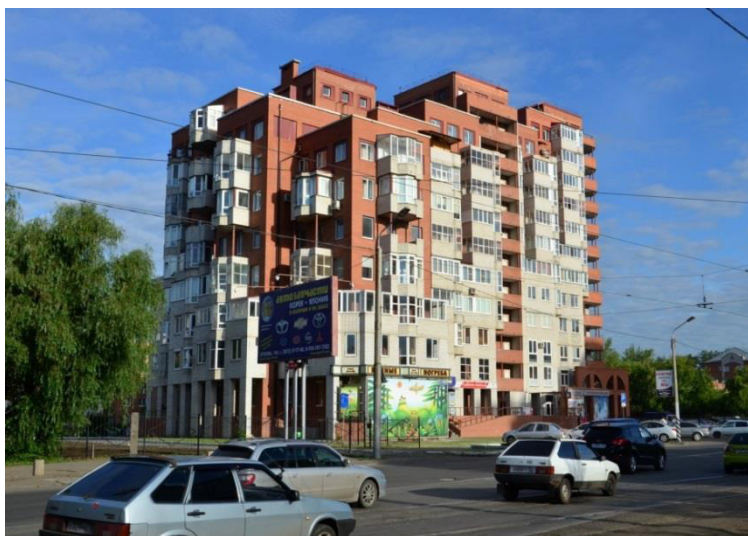


Рис. 1. Общий вид здания

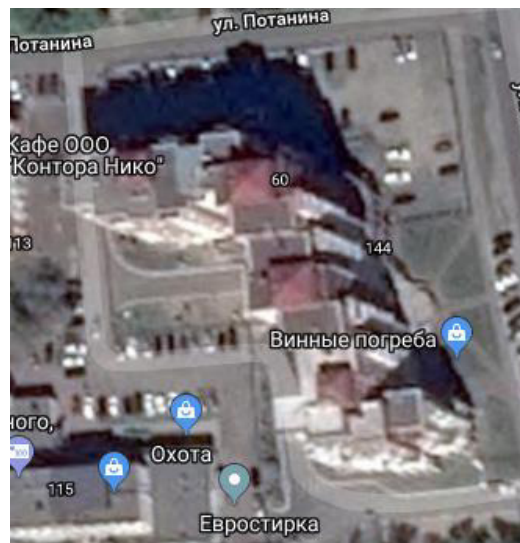


Рис. 2. План здания сверху
(спутниковая съемка)

Подготовка горячей воды в жилом доме организована в индивидуальном тепловом пункте по закрытой двухступенчатой смешанной схеме в зимний период и по открытой схеме в летний период (рис. 3).

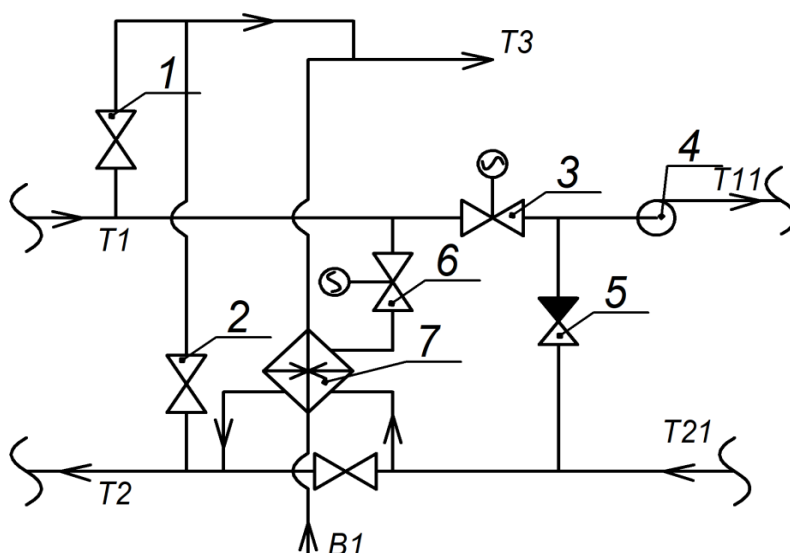


Рис. 3. Схема подготовки горячей воды в индивидуальном тепловом пункте жилого дома: 1, 2 – запорная арматура летнего ГВС, 3 – регулятор температуры системы отопления, 4 – циркуляционно-повысительный насос, 5 – обратный клапан, 6 – регулятор температуры ГВС, 7 – моноблочный подогреватель ГВС, T1 и T2 – подающий и обратный трубопровод теплосети, B1- ввод водопровода, T3 – подача горячей воды на цели ГВС, T11 и T21 – трубопроводы на входе и выходе из системы отопления

В табл. 1 приведены данные о ежемесячном потреблении горячей воды жильцами жилого дома за каждый месяц 2017 года.

Таблица 1

Потребление горячей воды помесечное за 2017 год

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
Потребление воды на цели ГВС, куб.м	438	351	538	486	357	347
Месяц	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Потребление воды на цели ГВС, куб.м	405	380	110 – закр, 264 - откp	504	472	521

Снижение потребления в межотопительный период связано с предоставлением некачественных услуг ЖКХ и переходом населения на местные бойлеры-электронагреватели.

На основе данных табл. 1 определим требуемое количество тепловой энергии для подогрева горячей воды за каждый месяц 2017 год по формуле:

$$Q_{ГВ} = G_{ГВ} \cdot \rho \cdot (t_{ГВ} - t_{ХВ}), \quad (1)$$

где $t_{ГВ}$ – нормативная температура горячего водоснабжения, $t_{ГВ} = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$; $t_{ХВ}$ – температура холодной воды, $t_{ХВ} = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ – в отопительный период и $t_{ХВ} = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ – в межотопительный период.

Результаты расчета требуемой тепловой энергии на нагрев воды на нужды ГВС представлены в табл. 2.

Таблица 2

Требуемая тепловая энергия на нагрев воды для целей ГВС

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
Тепловая энергия для нагрева ГВС, Гкал	23,68	18,98	29,09	26,28	17,55	17,06
Месяц	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Тепловая энергия для нагрева ГВС, Гкал	19,91	18,68	17,89	27,25	25,52	28,17

Предлагаемое техническое решение: в 2017 году был принят Приказ Мистроя России регламентирующий мероприятия по повышению энергоэффективности в многоквартирном доме, среди которых предлагается внедрение гибридной системы горячего водоснабжения с использованием солнечных коллекторов воды.

В настоящее время наибольшее распространение в системах солнечного теплоснабжения получили солнечные коллектора вакуумного типа, общий вид которых представлен на рис. 4.



Рис. 4. Общий вид солнечных коллекторов вакуумного типа

Основным элементом вакуумного коллектора являются стеклянные трубки покрытые специальным веществом, «притягивающим» солнечное излучение. Наружный и внутренний слои стеклянных трубок разделены вакуумом, что почти на 30% увеличивает КПД всей установки. Внизу трубки находится специальная жидкость, которая в результате нагрева от солнечного излучения превращается в пар, поднимаясь вверх, производит равномерное нагревание теплообменника по которому циркулирует теплоноситель осуществляющий перенос тепла в бак-аккумулятор.

Для включения в систему централизованного горячего водоснабжения предлагается модернизация оборудования индивидуального теплового пункта жилого дома с внедрением подогревателя ГВС накопительного типа с последующим догревом (при необходимости) от теплосети в существующем скоростном подогревателе ГВС (рис. 5).

Далее приведен расчет требуемой площади поверхности коллекторов. Величина среднемесячной инсоляции на 1 м^2 горизонтальной поверхности для г. Омска приведена в табл. 3 [2].

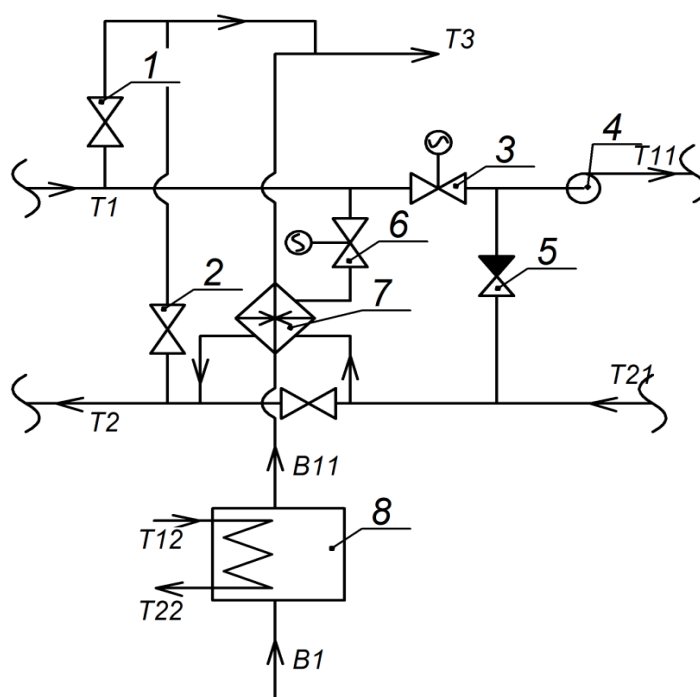


Рис. 5. Предлагаемая схема подготовки ГВС после модернизации: 1 – 7 то же что на рис. 3; 8 – бак-аккумулятор горячей воды, T12 и T22 – подающий и циркуляционный трубопровод от системы солнечных коллекторов

Таблица 3

Данные о среднемесечной инсоляции в г. Омске

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
Средне- месячная величина инсоляции, Дж/м ²	$84 \cdot 10^6$	$68 \cdot 10^6$	$340 \cdot 10^6$	$456 \cdot 10^6$	$86 \cdot 10^6$	$40 \cdot 10^6$
Месяц	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Дек-рь
Средне- месячная величина инсоляции, Дж/м ²	$26 \cdot 10^6$	$86 \cdot 10^6$	$18 \cdot 10^6$	$64 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$	$6 \cdot 10^6$

Принимая величину КПД солнечных вакуумных коллекторов на уровне 80%. определим требуемую величину площади воспринимающей поверхности на основе данных табл. 2 и табл. 3 по формуле:

$$S_{\text{мес}} = (Q_{\text{ГВС}} / (I \cdot \eta)) \cdot 4,19 \cdot 10^9, \quad (2)$$

где $Q_{\text{ГВС}}$ – месячное потребление тепловой энергии на цели ГВС, Гкал;

I – среднемесячная величина инсоляции, Дж/м²; η – КПД солнечного коллектора; $4,19 \cdot 10^9$ – переводной коэффициент из Гкал в Дж.

Данные о требуемой площади поверхности устанавливаемых солнечных коллекторов приведены в табл. 4.

Таблица 4

Требуемая площадь поверхности солнечных коллекторов

Месяц	Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май.	Июнь
Площадь поверхности солнечного коллектора, м ²	1476,78	591,72	448,15	301,85	156,85	139,60
Месяц	Июль	Авг.	Сент.	Окт.	Нояб.	Декабрь
площадь поверхности солнечного коллектора, м ²	166,57	201,31	294,71	870,38	1630,23	2634,93

Из табл. 4 видно, что для обеспечения горячей водой в период с апреля по сентябрь (6 месяцев) от солнечных коллекторов, их совокупная площадь поверхности находится в пределах 300 кв.м.

Произведем оценку капитальных затрат в систему солнечного тепло-снабжения на базе солнечных коллекторов совокупной площадью 309 м² [3]:

1. Затраты в солнечные коллектора (JHC-30) 110 шт – 4,21 млн. руб;
2. Баки-аккумуляторы объемом 5 куб. (2 шт) – 0,6 млн. руб;
3. Насосное оборудование и трубопроводы обвязки – 0,4 млн. руб;
4. Затраты на монтаж – 0,4 млн. руб.

Итого 5,71 млн. руб.

В табл. 5 сведем данные о величине тепловой энергии для нагрева горячей воды, замещенной в течение года солнечными коллекторами.

Таблица 5

Данные о величине замещаемой тепловой нагрузки вакуумными коллекторами

Месяц	Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май.	Июнь
Величина тепловой нагрузки, Гкал	6,19	12,39	25,07	33,63	43,22	47,20
Месяц	Июль	Авг.	Сент.	Окт.	Нояб.	Декабрь
Величина тепловой нагрузки, Гкал	46,17	35,84	23,45	12,09	6,05	4,13

Таким образом, в течение календарного года выработка тепловой энергии коллекторами составит 295,43 Гкал, что при тарифе АО «ОмскРТС» по сетям МП г. Омска 1499,18 руб/Гкал (с 1 июля 2018 года) [4] эквивалентно 442,9 тыс. руб.

Таким образом, расчетный срок окупаемости внедрения солнечных коллекторов составит – 12,9 года.

Данный срок окупаемости является довольно большим и превышает нормативный срок окупаемости в теплоэнергетике, однако стоит отметить, что в г. Омске есть ряд теплоисточников с тарифами на отпуск тепловой энергии 1800-2200 руб/Гкал для потребителей которых срок окупаемости мероприятий будет на уровне 8-10 лет и менее.

Выводы

1. Использование солнечных коллекторов вакуумного типа в климатических условиях города Омска в жилом секторе способно эффективно обеспечивать потребителей горячей воды в течение шести календарных месяцев.

2. Окупаемость внедрения коллекторов напрямую зависит от тарифов на централизованный отпуск тепла и составляет 8-12 лет.

3. Ряд котельных в г. Омске в летний период не эксплуатируется и замещение нагрузки ГВС вакуумными коллекторами вместо электронагрева позволит сократить сроки окупаемости до 6-8 лет и улучшить качество жизни населения.

Список литературы

1. Приказ от 15 февраля 2017 № 98 «Об утверждении примерных форм перечня мероприятий, проведение которых в большей степени способствует энергосбережению и повышению эффективности использования энергетических ресурсов в многоквартирном доме».

2. СП 131.13330.2012 «Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*». Министерство регионального развития Российской Федерации, 2012. 108 с.

3. Профессиональное оборудование для солнечной энергетики – Режим доступа: <http://ekoproekt-energo.ru/jhc-30> – Загл. с экрана.

4. Тарифы и нормативы по горячей воде. – Режим доступа: https://www.omskrts.ru/users/people/tariffs/hot_water/ – Загл. с экрана.

Д. В. Жуков

О ВОЗМОЖНОСТИ ПЕРЕВОДА СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ АО «ОМСК РТС» НА КАЧЕСТВЕННО-КОЛИЧЕСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ОТПУСКА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

В статье на примере действующей системы теплоснабжения от Кировской районной котельной АО «Омск РТС» обоснована возможность перехода на количественное регулирование отпуска тепловой энергии. Представлена принципиальная схема качественно-количественного регулирования отпуска тепловой энергии и определены необходимые мероприятия по реконструкции существующей системы теплоснабжения. Показаны основные результаты, которые могут быть достигнуты при изменении центрального регулирования.

В отечественных системах централизованного теплоснабжения, как правило, применяется качественное регулирование отпуска тепловой энергии. Несмотря на основное преимущество качественного регулирования, выражающееся в стабильности гидравлических режимов, данный способ регулирования имеет ряд недостатков:

большое транспортное запаздывание (тепловая инерционность) регулирования тепловой нагрузки системы теплоснабжения;

высокая интенсивность коррозии трубопроводов при работе значительную часть отопительного периода с температурами теплоносителя 60 – 85 °С;

снижение качества теплоснабжения из-за изменений температуры внутреннего воздуха при центральном регулировании температуры теплоносителя по усредненной температуре наружного воздуха, а также влияния нагрузки ГВС на работу систем отопления;

интенсивная работа компенсаторов, постоянные изменения напряжений в трубопроводах из-за температурных удлинений трубопроводов [1].

В последнее время концепция центрального регулирования отпуска тепловой энергии постепенно меняется. Этому способствует ряд причин:

увеличение доли автоматизации тепловых нагрузок за счет применения автоматизированных ИТП на объектах нового строительства, а также установка

средств регулирования на действующих объектах теплоснабжения;

наличие в нормативных документах возможности количественного и качественно-количественного центрального регулирования [2];

необходимость в повышении эффективности функционирования действующих систем теплоснабжения;

положительный опыт эксплуатации зарубежных систем теплоснабжения с количественным регулированием.

В этой связи рассмотрена возможность перевода действующих систем централизованного теплоснабжения с различными схемами присоединения и автоматизацией систем теплопотребления на качественно-количественное регулирование на примере системы теплоснабжения от Кировской районной котельной (далее КРК).

В отопительный период система теплоснабжения от КРК является частью системы теплоснабжения АО «Омск РТС» и включает в себя источник тепловой энергии КРК, магистральные тепловые сети АО «Омск РТС», распределительные тепловые сети МП г. Омска «Тепловая компания» и других собственников, одну подкачивающую насосную станцию №14 (далее ПНС-14), 15 центральных тепловых пунктов (ЦТП), 1320 индивидуальных тепловых пунктов (ИТП), через которые присоединены системы теплопотребления. Доля автоматизации тепловых нагрузок составляет 24%.

Исторически схема теплоснабжения Левого берега развивалась от КРК с присоединением систем теплопотребления по зависимым схемам с элеваторным смешением от 1 луча. Объекты более поздней застройки присоединялись, в основном, по зависимым схемам с элеваторным смешением через ЦТП от 2 луча. В последнее время присоединение новых объектов осуществляется только через автоматизированные ИТП с насосным смешением. Резерв пропускной способности тепловых сетей от КРК для присоединения нагрузок отсутствует.

Возможность перевода системы теплоснабжения на количественное регулирование классически может быть обеспечена путем полной автоматизацией систем теплопотребления за счет установки средств автоматического регулирования на всех ИТП. Предварительная оценка затрат показывает, что на оснащение неавтоматизированных ИТП в количестве 1015 ед. потребуется более 1,5 млрд. руб. Помимо финансирования потребуется решение целого ряда проблем, в том числе последующей сохранности

оборудования и обслуживания автоматизированных ИТП
специализированными организациями [3].

Альтернативным менее затратным и быстрореализуемым вариантом перевода на качественно-количественное регулирование является организация смешения в существующих ЦТП и установка дополнительных ТПНС с разделением тепловых сетей на работу с разными температурными режимами. В основу заложен принцип работы автоматизированного ИТП с насосным смешением. Схема теплоснабжения с изменениями приведена на рис. 1.

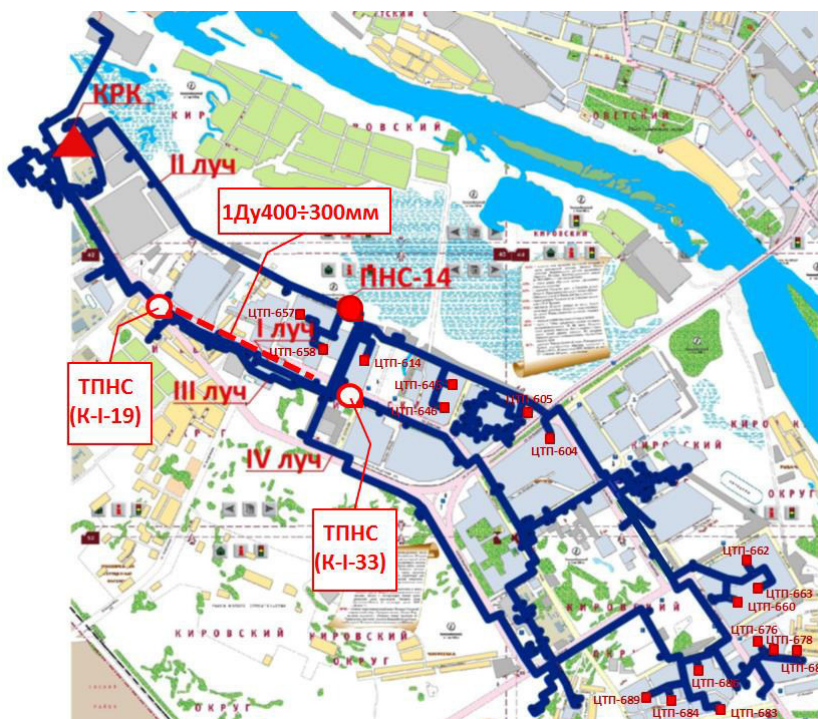


Рис. 1. Схема теплоснабжения от КРК с ТПНС

Схема смешения на ЦТП реализуется с целью исключения «перетоков» в переходные периоды [4]. Однако, смешение также может быть организовано и в остальной период при количественном регулировании. В системе теплоснабжения от КРК на ряде ЦТП уже имеется режим смешения (ЦТП-604, -605). На остальных ЦТП (ЦТП-614, -645, -646, -657, -658, -660, -676, -678, -680, -683, -684, -686, -689) потребуется незначительная реконструкция, которая заключается в монтаже циркуляционной перемычки между нагнетанием сетевых насосов и подающим трубопроводом (5), установке регулятора температуры (6) и регулятора перепада давлений (4) вместо установленного регулятора давления «до себя». При выполнении данной схемы режим работы до ЦТП будет осуществляться по графику качественно-количественного

регулирования, а после ЦТП - групповое по графику качественного регулирования. Принципиальная схема реконструкции ЦТП представлена на рис. 2.

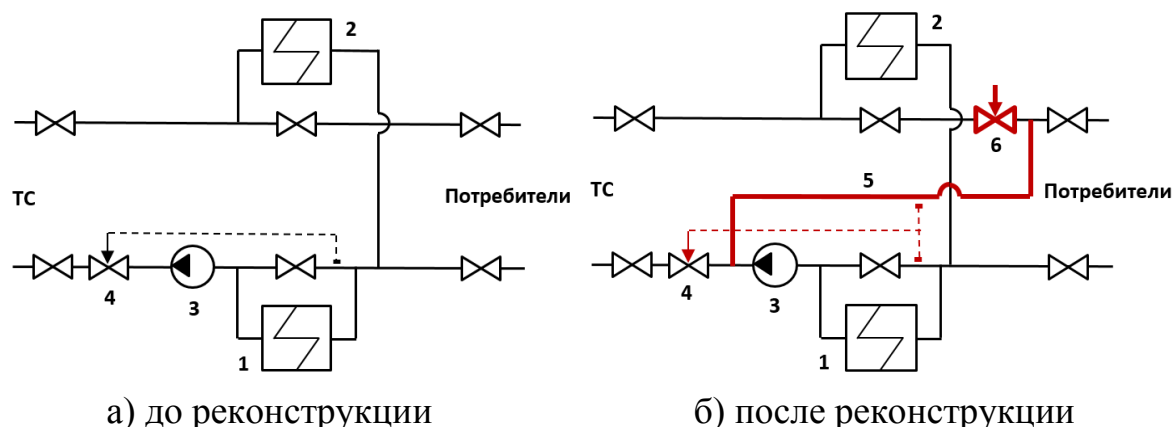


Рис. 2. Схема реконструкции ЦТП: 1 – первая ступень водоподогревателя ГВС, 2 – вторая ступень водоподогревателя ГВС, 3 – сетевой насос, 4 – регулятор давления (перепада давлений), 5 – линия смешения, 6 – регулятор температуры

Организация смешения в тепломагистралях с неавтоматизированными тепловыми нагрузками осуществляется путем строительства двух крупных ТПНС (в районе тепловых камер К-I-19 и К-I-33) и прокладки дополнительного трубопровода малого диаметра Ду400-300 мм протяженностью 2 км от К-I-19 до К-I-32 с переключением ответвлений по подающим трубопроводам в девяти тепловых камерах. Принципиально смешение можно организовать на каждом ответвлении при соответствующем технико-экономическом обосновании. Принципиальная схема теплоснабжения потребителей с использованием ТПНС представлена на рис. 3.

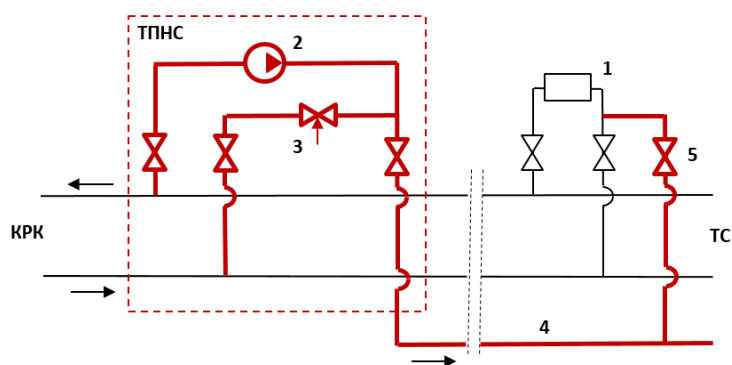


Рис. 3. Принципиальная схема теплоснабжения потребителей от ТПНС: 1 – потребитель, 2 – корректирующий насос, 3 – регулятор температуры, 4 – подающий трубопровод малого диаметра, 5 – линия присоединения потребителя к подающему трубопроводу

По указанной схеме от ТПНС (К-I-19) неавтоматизированные ИТП на

участке от К-1-19 до К-1-32 будут обеспечены по графику качественного регулирования, а основной магистральный трубопровод Ду700 мм – по графику качественно-количественного регулирования. Аналогично, от ТПНС (К-1-33) неавтоматизированные ИТП на участке от К-1-33 до К-1-62 будут обеспечены по графику качественного регулирования. Все остальные ИТП, в том числе от ЦТП, будут обеспечены по графику качественно-количественного регулирования с минимальной температурой 95-100 °С и, соответственно, более низким циркуляционным расходом в период высоких температур наружного воздуха.

Суммарные затраты на выполнение проектно-изыскательских работ, строительство двух ТПНС, прокладку дополнительного трубопровода малого диаметра, внедрение системы частотного регулирования на ПНС-14, реконструкцию ЦТП оценены в размере 200 млн. руб. После выполнения мероприятий по реконструкции схемы могут быть получены следующие результаты:

1. Снижение расхода электроэнергии на КРК и ПНС-14 на 7,8 млн. кВтч за счет снижения циркуляционных расходов сетевой воды при дополнительном расходе электроэнергии на двух ТПНС и ЦТП на 2,4 млн. кВтч;
2. Снижение потерь тепловой энергии за счет исключения «перетоков» выше точки излома на 15,0 тыс. Гкал при дополнительных потерях 4,2 тыс. Гкал;
3. Повышение качества теплоснабжения с исключением перерасчетов и штрафов от надзорных органов;
4. Создание возможности подключения дополнительной тепловой нагрузки в размере до 30 Гкал/ч;
5. Увеличение межремонтного периода трубопроводов подземной прокладки.

Таким образом, на примере КРК показана возможность изменения регулирования отпуска тепловой энергии с повышением эффективности функционирования системы централизованного теплоснабжения.

Список литературы

1. Шарапов, В. И. Регулирование нагрузки систем теплоснабжения / В. И. Шарапов, П. В. Ротов. – М.: Издательство «Новости теплоснабжения», 2007. – 164 с.

2. Свод правил СП 124.13330.2012 «Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003». – М., ФАУ «ФЦС», 2012 – 74 с.

3. Ахмерова, Г. М. Проблемы перехода от ЦТП на АИТП в Казани / Г. М. Ахмерова // Новости теплоснабжения. – 2016. – №5. – С. 37 – 39.

4. Ротов, П. В. Особенности работы городской системы теплоснабжения в переходный период / П. В. Ротов // Новости теплоснабжения. – 2009. – №10. – С. 37 – 42.

УДК 621.311

В. В. Овсянников, А. С. Гусаров

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТУРБОУСТАНОВКИ, РАБОТАЮЩЕЙ ПО КОМБИНИРОВАННОМУ ЦИКЛУ

Получены результаты расчета энергетических показателей работы паротурбинной установки по комбинированному циклу, установлены зависимости энергетических показателей от начальных и конечных параметров пара.

Турбоустановка, работающая по комбинированному циклу, производит два вида энергии – электроэнергию и тепловую энергию. Причем часть электроэнергии в виде N_k , кВт, реализуется за счет доли пара γ_1 от общего расхода пара на турбину D_o , пропускаемого в конденсатор. Другая часть в виде N_t , кВт, вырабатывается за счет доли γ_2 от общего расхода D_o пара, отбираемого на теплофикационные нужды. Следовательно, общая выработка электроэнергии складывается из конденсационной и теплофикационной составляющих, то есть $N_э = N_k + N_t$. С учетом теплоты отборного пара общая нагрузка турбоустановки представляется равенством $N_{ту} = N_э + Q'_{отб} = N_k + N_t + Q'_{отб}$, где $Q'_{отб}$ - мощность теплового потока с отборным паром на теплофикацию, кВт.

Прогресс работы пара в турбоустановке в диаграмме h-S упрощенно можно представить на рис. 1.

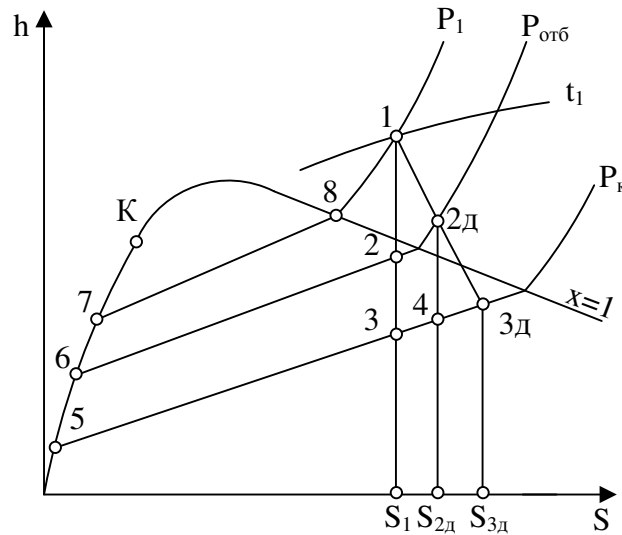


Рис. 1. Прогресс работы пара в турбоустановке

Конденсационная мощность, кВт, определяется по формуле

$$N_k = D_o \gamma_1 (h_1 - h_{3д}) \eta_m \eta_g, \quad (1)$$

где D_o – расход пара на турбину, кг/с; h_1 и $h_{3д}$ – значения энтальпий пара, кДж/кг, в соответствующих точках цикла (см. рис. 1)

Мощность, вырабатываемая на тепловом потреблении, N_t , кВт, определяется из выражения

$$N_t = \frac{Q'_{отб}}{q}, \quad (2)$$

где $Q'_{отб} = Q_{отб} \cdot d_o$ – теплота пара в отборе турбины, кДж/кг, при расходе $d_o = 1$ кг/с; q , кДж/кДж – отношение количества теплота, отпущенное в отбор турбины с 1 кг пара, к использованному теплоперепаду, для выработки электроэнергии одним кг пара на тепловом потреблении с учетом механических и электрических потерь в генераторе.

Теплота пара $Q_{отб}$ определится разностью энтальпии пара в точках 2д и 6, умноженной на долю γ_2 расхода пара.

Тогда

$$Q'_{отб} = Q_{отб} \cdot D_o = D_o \gamma (h_{2д} - h_6), \text{ кДж/с}; \quad (3)$$

$$q = \frac{h_{2д} - h_6}{(h_1 - h_{2д}) \eta_m \eta_g}. \quad (4)$$

Отсюда мощность, кВт, на тепловом потреблении 1 кг пара, расходуемого в отбор

$$N_m = \frac{\gamma_2(h_{2д} - h_6)(h_1 - h_{отб}) \cdot \eta_m \eta_\Gamma}{(h_{2д} - h_6)} = \gamma_2(h_1 - h_{2д}) \eta_m \eta_\Gamma. \quad (5)$$

Таким образом, мощность турбоустановки $N_{\text{ту}}$, кВт, работающей по комбинированному циклу с одним отбором пара определится выражением:

$$N_{\text{ту}} = N_{\text{к}} + N_{\text{т}} + Q'_{\text{отб}} = D_o \gamma_1(h_1 - h_{3д}) \eta_m \eta_\Gamma + D_o \gamma_2(h_1 - h_{2д}) \eta_m \eta_\Gamma + D_o \gamma_2(h_{2д} - h_6) \quad (6)$$

Если принять расход пара $D_o = 1$ кг/с, то с использованием (6) получим единичную мощность турбоустановки

$$\begin{aligned} N_{\text{ту}}^{\text{ед}} &= [\gamma_1(h_1 - h_{2д}) + \gamma_2(h_1 - h_{2д})] \eta_m \eta_\Gamma + \gamma_2(h_{2д} - h_6) = \\ &= \left[(1 - \gamma_2)(h_1 - h_{3д}) + \gamma_2 \frac{h_{2д} - h_6}{q \eta_m \eta_\Gamma} \right] \eta_m \eta_\Gamma + \gamma_2(h_{2д} - h_6) \end{aligned} \quad (7)$$

Как видно из выражения (7), чем больше доля отбора пара γ_2 , тем больше единичная мощность турбоустановки. $N_{\text{ту}}^{\text{ед}}$ находится в обратной зависимости от величины q .

Важнейшим энергетическим показателем для анализа и выбора режимов турбоустановки, работающей по комбинированному циклу, является удельный расход условного топлива на выработку единицы электроэнергии, кг у.т./кВт·ч. Здесь, следовало бы рассматривать в сравнении по удельным расходам рабочие процессы турбоустановок в области одних и тех же параметров пара для теоретического цикла с конденсационным режимом $b_y^{\text{тк}}$, для конденсационного режима с учетом необратимости $b_y^{\text{кн}}$, для комбинированного режима с одним отбором пара $b_y^{\text{нк}}$, для комбинированного режима с учетом тепловой энергии отборного пара $b_y^{\text{нyc}}$.

$$b_y^{\text{тк}} = \frac{0,123}{\eta_t^{\text{тк}} \eta_m \eta_\Gamma}; \quad (8)$$

$$b_y^{\text{кн}} = \frac{0,123}{\eta_t^{\text{кн}} \eta_m \eta_\Gamma}; \quad (9)$$

$$b_y^{\text{нк}} = \frac{0,123}{\eta_t^{\text{нк}} \eta_m \eta_\Gamma}; \quad (10)$$

$$b_y^{\text{нyc}} = \frac{0,123}{\eta_t^{\text{нyc}} \eta_m \eta_\Gamma}. \quad (11)$$

В приведенных формулах (8) – (11) берутся соответствующие

теоретические КПД, в которых параметры пара соответствуют точкам цикла, определяемым по рис. 1:

$$\eta_i^{\text{TK}} = \frac{h_1 - h_3}{h_1 - h_5}; \quad (12)$$

$$\eta_i^{\text{KH}} = \eta_i \eta_{oi}; \quad (13)$$

$$\eta_i^{\text{HK}} = \frac{(h_1 - h_2)\eta_{oi}\eta_2 - (h_1 - h_3)\eta_{oi}\gamma_2}{(h_1 - h_5) - (h_6 - h_5)\gamma_2}; \quad (14)$$

$$\eta_i^{\text{Hyc}} = \eta_i^{\text{HK}} + \frac{(h_{2\text{д}} - h_6)0,95\gamma_2}{(h_1 - h_5) - (h_6 - h_5)\gamma_2}. \quad (15)$$

Определение приведенных энергетических показателей выполнялось при изменении начальных и конечных параметров пара комбинированного цикла, а также при изменении давления пара в отборе турбины.

Произведены расчеты изменения развиваемой мощности на тепловом потреблении $N_{\text{т}}$, конденсационной мощности $N_{\text{к}}$, электрической мощности $N_{\text{э}}$ и общей мощности турбоустановки $N_{\text{ту}}$, развиваемых при расходе пара на входе в турбину равным 1 кг/с, в зависимости от изменения начального давления P_1 , МПа, при переменных значениях доли пара γ_1 пропуска в конденсатор и доли γ_2 отбора на теплофикационное потребление. И получены выводы, что с ростом P_1 мощности $N_{\text{т}}$, $N_{\text{к}}$, $N_{\text{э}}$ увеличиваются и зависят от γ_1 и γ_2 , связанных равенством $\gamma_1 + \gamma_2 = 1$. Но мощность турбоустановки $N_{\text{ту}}$ при степени отбора $\gamma_2 \geq 0,3$ показывает стабилизацию значений с изменением P_1 и далее снижение при $\gamma_2 = 0,5$. Этот фактор объясняется снижением тепловой мощности $Q_{\text{отб}}$ при увеличении давления P_1 вследствие уменьшения значений скрытой теплоты парообразования водяного пара, отпущенного в отбор.

Следует отметить, что конденсационная мощность $N_{\text{к}}$ с увеличением расхода γ_2 пара в отбор падает, наибольшие значения $N_{\text{к}}$ соответствуют отсутствию отбора, то есть $\gamma_1 = 1$.

Из расчетов изменения удельной характеристики q , кДж/кДж, в зависимости от P_1 и t_1 , следует снижение q с ростом P_1 и t_1 с характерной стабилизацией в приближении к критическим параметрам пара $t_{\text{кр}}$ и $P_{\text{кр}}$. Максимальная мощность турбоустановки достигается при загрузке отбора турбины на уровне $\gamma_2 = 0,5$. Дальнейшее повышение γ_2 приводит к падению $N_{\text{ту}}$ с повышением P_1 .

Повышение температуры перегрева t_1 начального состояния пара однозначно приводит к возрастанию мощностных и тепловых показателей турбины. Величина N_T при малых расходах в отбор γ_2 проявляет слабое возрастание, а при значениях $\gamma_2 > 0,4$ это возрастание становится более интенсивным. Например, при $\gamma_2 = 0,5$ и температуре перегрева $t = 550^\circ\text{C}$ мощность N_T на тепловом потреблении становится равной конденсатной мощности N_k при $\gamma_1 = 0,5$. Повышение температуры t_1 приводит к пропорциональному росту мощности турбоустановки $N_{\text{ту}}$ и к почти линейному снижению характеристики q .

Относительная нагрузка турбины от повышения температуры пара t_1 возрастает, как и в целом мощность турбоустановки $N_{\text{ту}}$.

Представление данных значений мощности N_T и $N_{\text{ту}}$ по степени расхода пара в отбор γ_2 под влиянием температуры перегрева пара t_1 подчиняется нелинейному закону, что должно учитываться в настройке системы автоматического регулирования турбин, работающих по комбинированному циклу.

По расчетным зависимостям энергетических показателей от изменения давления пара в отборе $P_{\text{отб}}$ следует, что при снижении давления отбора до 0,3-0,1 МПа наблюдается заметное повышение N_T , N_Σ и $N_{\text{ту}}$, поскольку реализуется большой теплотерпад при снятии электрической мощности за счет теплотребления. На величину тепловой нагрузки отбора пара изменение давления в отборе $P_{\text{отб}}$ влияния не оказывает.

Получены расчетные значения удельных расходов условного топлива, г.у.т./кВт·ч, для различных рассматриваемых структур комбинированного цикла с одним отбором пара. Удельные расходы варьируются в области 290 – 310 г у.т./кВт·ч. Необратимость значительно повышает удельных расход топлива. Например, для $P_1 = 10$ МПа и $\gamma_2 = 0,5$ удельный расход $b_y^{\text{тк}} = 364$ возрастает для этого же давления до значения $b_y^{\text{нк}} = 444$ г у.т./кВт·ч.

Для сравнения с одной и той же долей в отбор удельный расход без учета необратимости снижается и при $P_1 = 10$ МПа это снижение составляет около 20 г у.т./кВт·ч.

Этот фактор указывает на то, что с ростом начального давления пара P_1 и увеличении доли отбора пара в комбинированном цикле снижение удельного расхода условного топлива на выработку электроэнергии более интенсивное в

сравнении с изменением удельного расхода условного топлива на выработку электроэнергии для конденсационного режима реализации цикла.

Из всех расчетных данных по вышеприведенным формулам следует однозначный вывод: чем выше температура начального пара t_1 и величина доли расхода пара в отбор γ_2 , тем достигается большая экономия удельного расхода условного топлива; повышение начального давления пара P_1 экономию снижает. Из общих представлений выяснено, что чем выше расход пара в отбор, тем выше развиваемая мощность на тепловом потреблении N_t , но ниже удельный расход топлива на единицу этой мощности. Но влияние температуры t_1 и давления P_1 начального состояния пара перед турбиной проявляются по-разному.

Подобные характеристики при известных параметрах пара и доли пара в отбор могут быть заранее рассчитаны и будут определять наиболее эффективные режимы турбоустановки.

Список литературы

1. Гусаров, А. С. О влиянии необратимости в термодинамическом цикле паротурбинной установки с отбором пара на его термический КПД / А. С. Гусаров, В. В. Овсянников // Энергетика и теплотехника: сб. науч. трудов под ред. Акад. РАН В. Е. Накорякова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016. – Вып. 20. – С. 183 – 188.
2. Кириллин, В. А. Техническая термодинамика / В. А. Кириллин, В. В. Сычев, А. Е. Шейдлин. – М.: «Энергия», 1968 г. – 472 с.
3. Теплотехника / В. Н. Луканин, М. Г. Шатров и др.; под. ред. В. Н. Луканина. – М.: Высш. шк., 2000. – 671 с.
4. Тепловые электрические станции / под ред В. Я. Гиршфельда. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 328 с.
5. Соколов, В. Я. Теплофикация и тепловые сети / В. Я. Соколов – М.: Издательство МЭИ, 2001. – 472 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАБОТЫ КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ УХОДЯЩИХ ГАЗОВ

Рассмотрена эффективность применения термомасляных котельных агрегатов. Предложена оптимизация температуры подогрева воздуха на выходе из рекуператора котельного агрегата.

Тепло отходящих дымовых газов необходимо утилизировать с целью повышения экономической эффективности технологического процесса и из соображений охраны окружающей среды. Возвращение части энергии, расходуемой в технологическом процессе, для повторного использования (рекуперация), является важной технической задачей при рациональном использовании природных топливных ресурсов [1].

Значение оптимальной температуры подогрева воздуха для конкретной температуры уходящих газов на выходе из котельной установки находится, исходя из минимума суммарных дисконтированных затрат на рекуператор и топливо Z_p , при приравнении к нулю частных производных функции по оптимизируемому параметру [2]:

$$\frac{dZ}{dt_{\text{г2}}} = C_m \cdot \frac{dB}{dt_{\text{г2}}} + C_p \cdot \frac{dS}{dt_{\text{г2}}} = 0, \quad (1)$$

где Z – сравнительная эффективность инновационных инвестиций по минимуму дисконтированных затрат, руб./год; B , C_m – расход и годовая стоимость топлива, м³/с, (руб./м³)·(с/год); C_p – годовая стоимость в сооружение 1 м² поверхности нагрева рекуператора, руб./(м²·год); H – поверхность нагрева рекуператора, м²; $t_{\text{г2}}$ – температура воздуха на выходе из рекуператора, °С.

В результате произведенных исследований получили, что оптимальная температура подогрева воздуха составляет 226 °С (рис. 1), при этом снижается расход топлива и повышается поверхность нагрева рекуператора (рис. 2).

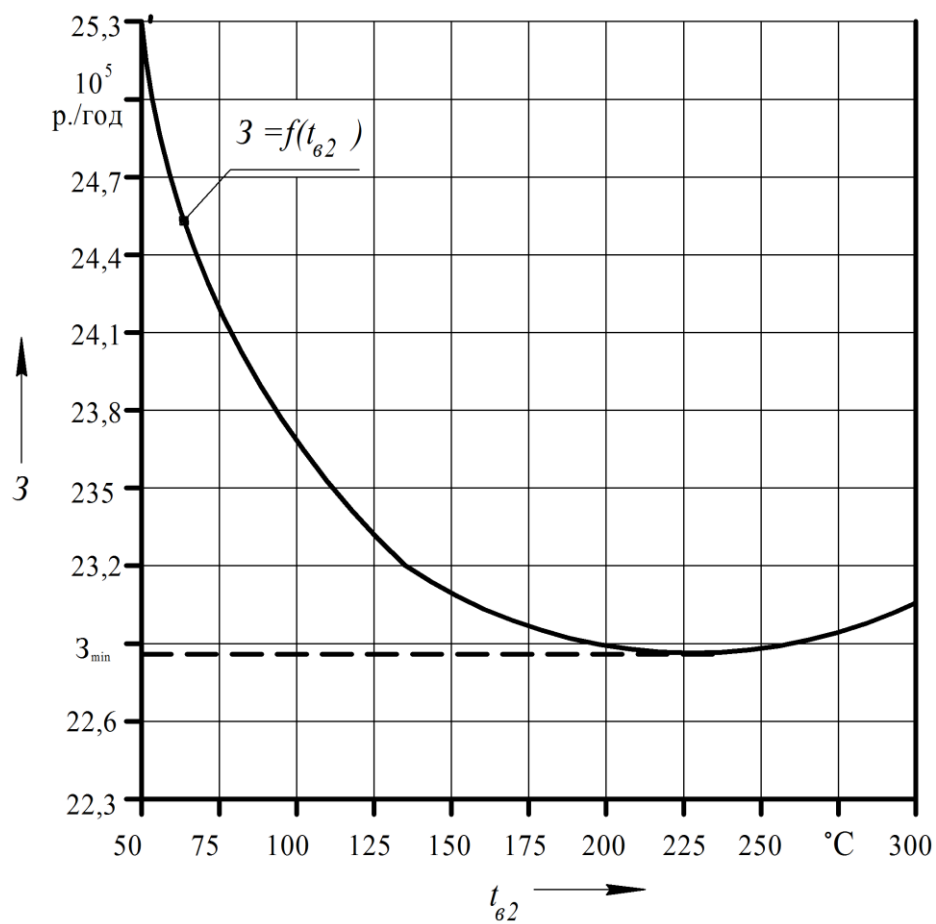


Рис. 1. Зависимость Z от t_{62}

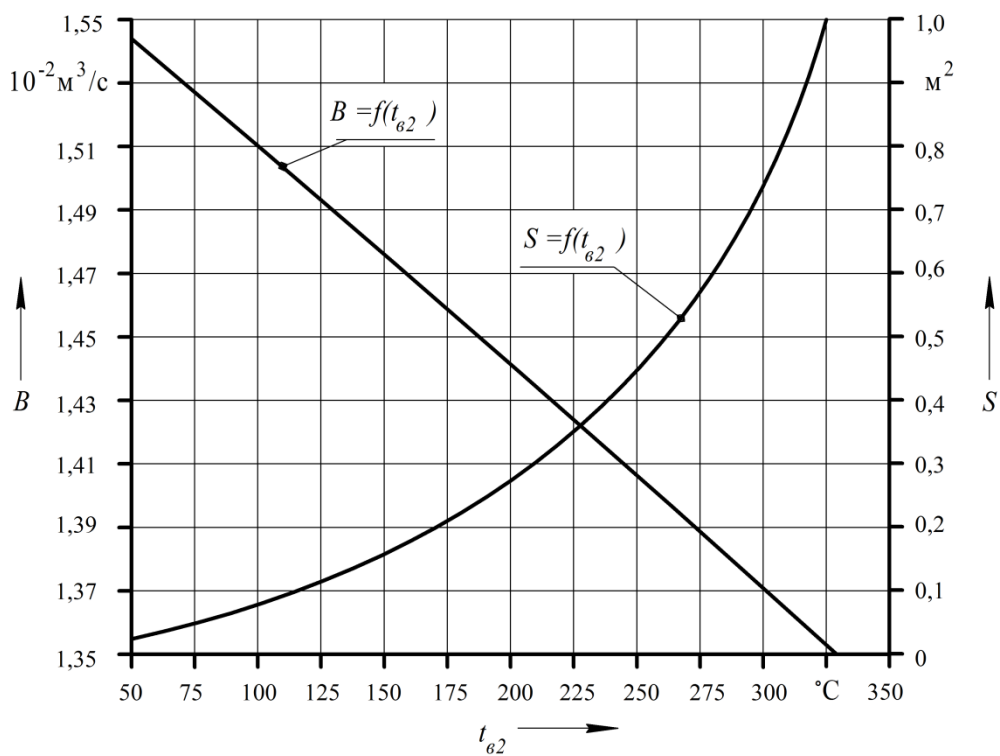


Рис. 2. Зависимости B, S от t_{62}

Для рассмотрения экологического вопроса рассматриваемой темы, в соответствии с методикой определения вредных выбросов, произвели расчет согласно [3].

Основные результаты определения вредных выбросов в воздушную атмосферу приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Результаты определения вредных выбросов в атмосферу

Наименование показателей	Единицы измерения	Расчетные значения	
		Без рекуперации	С рекуперацией
1	2	3	4
Суммарное количество оксидов азота NO_x в пересчете на NO_2	г/с	0,086	0,082
Суммарное количество выбросов оксида углерода	г/с	0,025	0,021
Суммарное количество выбросов диоксида углерода	г/с	32,09	28,08
Приведенная масса годового выброса загрязнений в атмосферу	т/год	693,68	613,29

Таблица 2

Результаты проверки на ПДК

Выброс	М, г/с		ПДК
	Без рекуперации	С рекуперацией	
Азота диоксид	0,086	0,082	0,085
Серы диоксид	0	0	0,5

Результаты расчетов определения вредных выбросов в воздушную атмосферу при эксплуатации котельного агрегата на диатермическом масле,

представленные в таблице 1 и 2, показывают: количество оксидов азота, выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами, уменьшается до 1,1 раза, количество оксидов и диоксидов углерода снижается до 1,2 раза. Таким образом, работа котельного агрегата с использованием рекуперации дымовых газов улучшает экологические показатели (уменьшает отрицательное воздействие на окружающую среду) по сравнению с работой котла без рекуператора.

Предлагаемая модернизация котлоагрегата нефтехимического производства позволяет улучшить технико-экономические показатели работы котельного агрегата. Оценка технико-экономического эффекта от рекуперации дымовых газов произведена на основе расчета экономических показателей, согласно [4].

Расчетные характеристики котла до и после установки рекуператора, представлены в таблице 3.

Таблица 3

Расчетные характеристики котла

Наименование параметров и показателей	Единица измерения	Без рекуператора	С рекуператором
1	2	3	4
Мощность котла	<i>МВт</i>	0,5	
Топливо	Природный газ ($Q_n^p = 35770 \text{ кДж/м}^3$)		
Температура топлива	$^{\circ}\text{C}$	18	
Расход топлива	$\text{м}^3/\text{ч}$	57,6	50,4
Общая поверхность нагрева рекуператора	м^2	0	0,42
Температура воздуха идущего на горение топлива	$^{\circ}\text{C}$	80	226

Основные результаты экономической эффективности от внедрения приведены в таблице 4.

Таблица 4

Результаты определения экономической эффективности от внедрения разработки

Наименование показателей	Единицы измерения	Расчетные значения	
		Без рекуператора	С рекуператором
1	2	3	4
Годовой объем производства	<i>кВт</i>	$26,5 \cdot 10^5$	
Удельные капитальные вложения	<i>руб./кг</i>	0	0,06
Затраты на топливо	<i>руб./м³</i>	0,403	0,353
Затраты на электроэнергию	<i>руб./кВт</i>	0,0147	0,0336
Амортизационные отчисления	<i>руб./кг</i>	0	0,006
Сумма изменяющихся затрат себестоимости	<i>руб./кг</i>	0,42	0,38
Годовая чистая прибыль	<i>руб.</i>	64475,85	
Бездисконтный срок окупаемости затрат	<i>год</i>	0,32	
Срок окупаемости инвестиций с учетом дисконтирования	<i>год</i>	0,36	
ЧДД за 10 лет	<i>руб.</i>	302692,22	
Индекс доходности	—	14,90	
Внутренняя норма доходности	—	2,24	

Анализ экономической эффективности от внедрения, показал: срок окупаемости инвестиций с учетом дисконтирования поступающих доходов составил 0,36 года; чистый дисконтированный доход за 10 лет – 302692,22 руб. Так как индекс доходности $ИД > 1$, а внутренняя норма доходности больше принятой нормы дисконта инвестиций, то рассмотренные инновации эффективны.

Список литературы

1. Котельные установки и парогенераторы: Учебник для бакалавров / В. М. Лебедев, А. С. Загорин, С. В. Приходько, В. В. Овсянников – М. : ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2013. – 376 с.

2. Щебетова, К. А. К вопросу использование утилизации теплоты уходящих газов котлоагрегата нефтехимического производства / К. А. Щебетова // Материалы всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Повышение энергоэффективности объектов энергетики и систем теплоснабжения» / Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск, 2017. – С. 103 – 108.

3. Методика расчета и установления максимально допустимых удельных выбросов для действующих котельных установок ТЭС: согл. Ростехнадзором: ввод в действие 01.10.2008. – М., ОАО «ВТИ», 2008. – 26 с.

4. Руководство по оценке эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия / А. Н. Дмитриев и др. Москва: АВОК-ПРЕСС, 2005. 120 с.

УДК 663.63

В. К. Гаак, А. О. Чаплук

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОДГОТОВКИ ВОДЫ ДЛЯ ТЕПЛОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

В статье рассмотрены методы подготовки воды для промышленных предприятий, преимущества и недостатки.

В жизни человека вода играет важную роль. Используя воду в технологических процессах, в системах охлаждения и теплоснабжения, нужно соблюдать различные требования, которые предусмотрены специальными нормативными документами (ГОСТ, Санитарные правила и нормы).

Для использования воды в промышленных целях, ее готовят по специальным технологиям. Для верного выбора технологии подготовки воды, необходимо предусмотреть химический состав примесей, растворенных в воде, их количество, в какой форме они существуют и нормативные требования, которым должна соответствовать очищенная вода [1].

Опреснение и обессоливание воды при использовании высокоэффективных технологических схем способствуют решению водохозяйственных проблем, создают экологически чистых производств, локализации стоков ТЭС и оборотных систем водопользования. Одним из

наиболее распространенных способов получения пресной воды является дистилляция [2].

Дистилляция относится к термическому способу подготовки воды. Он основан на применении испарительных установок. На установке происходит дистилляция добавочной воды, т.е. происходит переход в другое агрегатное состояние и затем конденсируется. Конденсат испаренной воды является дистиллятом, который при правильной конструкции установки, свободен от солей жесткости, растворимых солей, щелочи и т.п.

В состав испарительной установки входят испаритель, в котором очищенная вода превращается в пар, и охладитель, в котором конденсируется полученный в испарителе пар.

Термический способ подготовки воды по начальным затратам и эксплуатационным расходам является недешевым проектом. Так же испарительная установка с простой одноступенчатой схемой имеет ограниченную производительность, а применение многоступенчатой схемы возрастают затраты и делает более громоздкой всю установку.

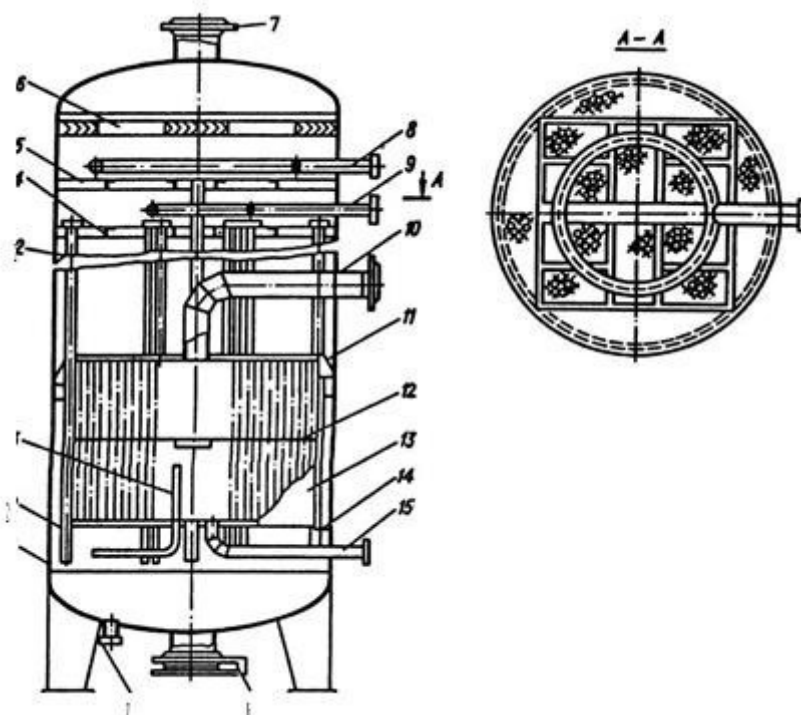


Рис. 1. Серийный испаритель:

- 1 – цилиндрический корпус; 2 – опускные трубы; 3 – трубка с клапаном; 4 – дырчатые листы;
5 – паропромывочные устройства; 6 – жалюзийный сепаратор; 7 – штуцера;
8 – подвод конденсата; 9 – подвод питательной воды; 10 – труба для греющего пара; 11 –
1 – лапки; 12 – перегородки; 13 – греющая секция; 14 – кольцевое пространство;
15 – труба для отвода конденсата.

Недостатки термического метода – медлительность процесса, потребление большого количества воды и энергии, загрязняющие вещества могут перенестись в конденсат.

Наибольшее применение получил метод ионного обмена. При глубоком обессоливании из раствора удаляются все макро – и микроэлементы.

Процесс является ступенчатым. Очистка воды происходит на натрий-катионитных фильтрах.

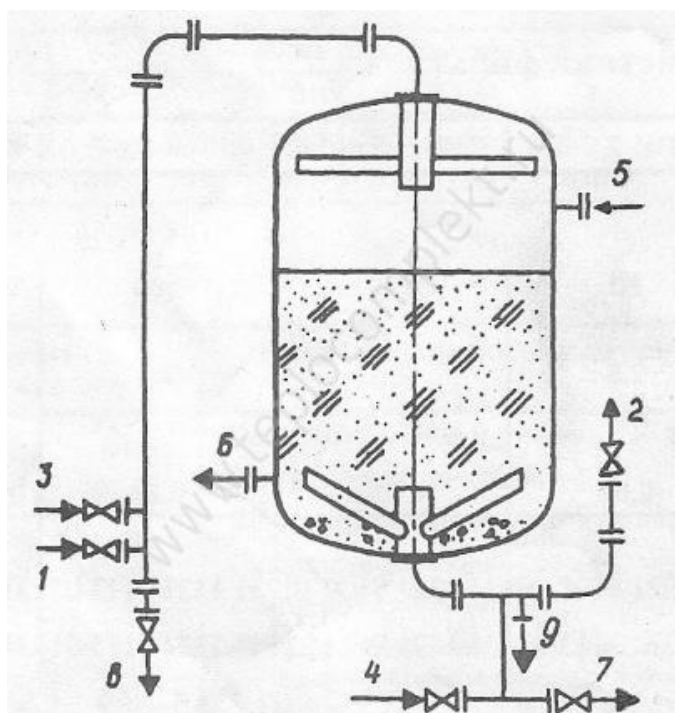
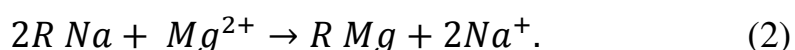
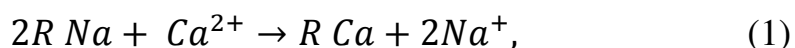


Рис. 2. Натрий-катионитный фильтр:

- 1 – подвод исходной воды; 2 – отвод обработанной воды; 3 – подвод регенерирующего раствора; 4 – подвод взрыхляющей воды; 5 – гидрозагрузка фильтрующего материала; 6 – гидровыгрузка фильтрующего материала; 7 – отвод регенерирующего раствора; 8 – отвод взрыхляющей воды.

Вода проходит через слой катионита, находящегося в исходном состоянии в натрий-форме. При этом происходит удаление из воды ионов кальция и магния в обмен на эквивалентное количество ионов натрия, согласно реакциям:



Преимуществами метода являются высокая степень очистки, простота, могут быть очищены сильно загрязненные сточные воды.

Недостатками являются – постоянные затраты реагентов на регенерацию,

утилизация использованных реагентов.

Данные методы обработки являются уже устаревшими. На замену разрабатываются более современные способы подготовки воды. Наиболее распространенными являются метод обратного осмоса и метод ультрафильтрации.

Обратный осмос заключается в том, что вода проходит через полупроницаемую мембрану из более концентрированного раствора в менее концентрированный раствор за счет давления, которое превышает разницу осмотического давления обоих растворов.

За счет системы обратного осмоса вода очищается от 99,9% примесей: железа, аммиака, нитратов, сульфатов, кальция, магния и т.д. Так же снижается общая жесткость воды, которая может привести к образованию накипи.

Основой функционирования установки выступают мембранные элементы. Чаще всего они выполняются в виде рулона. В качестве материала используют тонкопленочный композит и ацетатцеллюлозу.

Во время прохождения воды под давлением через мембрану, которая представляет собой пористую структуру, она разделяется на два потока: отфильтрованная вода и концентрат. Загрязнения с мембраны удаляются путем смывания в дренаж.

Преимуществами данного метода являются глубокая очистка воды, самоочищение мембран.



Рис. 3. Схема работы метода обратный осмос

Ультрафильтрация – способ мембранной очистки жидкости, в процессе которого раствор проходит фильтрацию за счет разности молекулярных масс растворителя и растворенного вещества и разницы давления с обеих сторон

мембраны, которая пропускает через себя лишь определенные компоненты раствора.

Данный метод позволяет восстановить ценные компоненты, содержащиеся в сточных водах, с наименьшими потерями.

В процессе ультрафильтрации молекулы жидких соединений взаимодействуют друг с другом полимерными молекулами мембраны. Сила трения и данное взаимодействие преодолевается благодаря разнице давлений, составляющей принцип работы установки.

Давление, при котором не происходит снижение эффективности мембраны, колеблется между 0,3 и 0,1 МПа. При повышении давления происходит уплотнение мембран, уменьшение размеров пор, нарушается разделение соединений.

Недостатками ультрафильтрации является – образование слоя гелиевого осадка, который может затруднить дальнейшую фильтрацию. Данное образование имеет название – концентрационная поляризация.

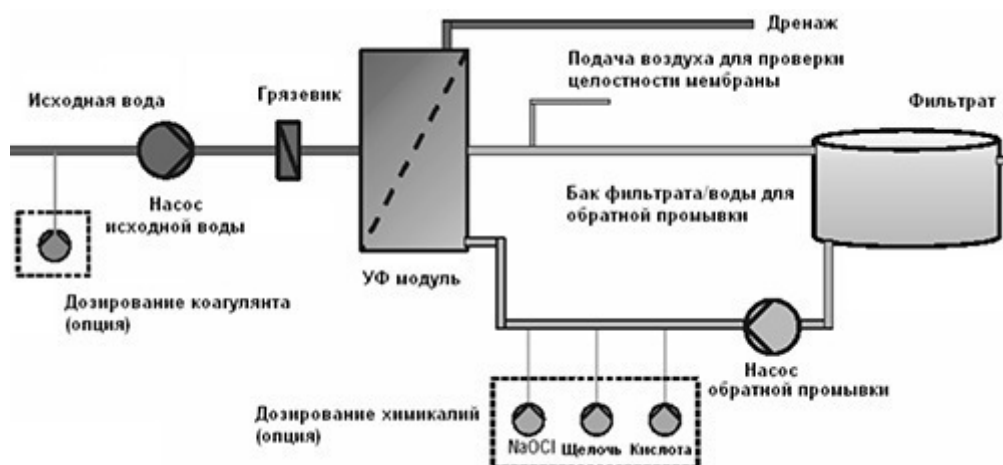


Рис. 4. Принципиальная схема ультрафильтрации

Список литературы

1. Шиян, Л. Н. Свойства и химия воды. Водоподготовка: Учебное пособие / Л. Н. Шиян. –Т.: Издательство ТПУ. – 2004. – 72 с.
2. Мошкарин, А. В. Испарительные установки тепловых электростанций / А. В. Мошкарин, Р. Ш. Бускунов – М.: Энергоатомиздат, 1994. – 272 с.
3. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования: Справочник / Б.Е. Рябчиков – М.: Де Липриот. – 2004. – 328 с.

Е. С. Флек

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ПРИ СЖИГАНИИ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА

В статье рассмотрена актуальная тема – снижение вредных выбросов при сжигании топлива. Представлены результаты расчета вредных выбросов в продуктах сгорания при сжигании угля и водоугольного топлива (ВУТ) в котельном агрегате ТП-35у. Показано, что сжигание ВУТ позволяет существенно снизить выбросы вредных веществ в атмосферу.

Современную жизнь невозможно представить без использования тепловой и электрической энергии, источниками которых служат ТЭС и котельные, а они, в свою очередь, являются главным источником загрязнения атмосферы отходящими газами. Из загрязняющих веществ наиболее негативное влияние на человека и окружающую его среду оказывают оксиды азота и серы, которые служат одной из основных причин возникновения «кислотных дождей». Кроме того, оксиды азота NO_x участвуют в образовании фотохимического смога и разрушении озонового слоя [1].

Оксиды серы образуются в результате сгорания содержащихся в органическом топливе сернистых соединений, а оксиды азота – при взаимодействии азота, входящего в состав воздушного дутья, с кислородом, а также за счет окисления азотистых соединений топлива.

Снизить содержание SO_2 в продуктах сгорания можно несколькими способами:

1. Предварительная обработка топлива;
2. Связывание серы в процессе горения;
3. Установка за котлом сероулавливающего оборудования (наименее экономичный способ) [2].

Для снижения выбросов азота были разработаны различные мероприятия, направленные на снижение температуры горения, уменьшение времени пребывания продуктов сгорания в области высоких температур и создание зон реакции с восстановительной атмосферой. К таким мероприятиям относятся: использование горелок с низким выбросом NO_x , ступенчатое сжигание топлива

и ступенчатая подача воздуха, рециркуляция дымовых газов, впрыск воды в ядро факела и очистка дымовых газов от оксидов азота.

Для улавливания золы за котлами с кипящим слоем применяются как электрические, так и тканевые фильтры (которые дают возможность кроме мелких частичек (аэрозолей) улавливать тяжелые металлы) [2].

Бенз(а)пирен является наиболее сильным и стабильным полициклическим ароматическим углеводородом (ПАУ), обладающие высокой канцерогенной и мутагенной активностью, способным накапливаться в живых организмах. Факторами, влияющими на уменьшение выбросов бенз(а)пирена выступают: улучшение перемешивания топлива с воздухом, увеличение избытка воздуха и повышение температуры в топке. Бенз(а)пирен удаляется в твердом состоянии в системах золоулавливания.

Наиболее экологически чистым топливом является природный газ. Уголь, напротив, имеет более высокий уровень выбросов загрязняющих веществ. Таким образом, вопрос снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании угля стоит очень остро. Снизить этот уровень можно, сжигая уголь в виде водоугольного топлива (ВУТ).

ВУТ представляет собой дисперсную систему следующего состава: 40 – 70% угля 30 – 60% воды, менее 1% реагента-пластификатора. Одно из достоинств данного топлива – его высокая экологичность.

ВУТ является жидким топливом по свойствам схожим с мазутом, и может сжигаться взамен газа и мазута в котлах малой и средней мощности. ВУТ имеет температуру воспламенения 450 – 650 °С; температуру горения 950 – 1050 °С; низшую теплоту сгорания 2000 – 4800 ккал/кг (зависит от марки угля, зольности и влажности).

Расчеты проводились для парового котла ТП-35у при сжигании Кузнецкого угля марки Д и ВУТ на основе данного угля с содержанием твердой фазы 70% по нормативным документам [3,4]. Исходные данные для расчета представлены в табл. 1.

Как видно из таблицы 2, сжиганием ВУТ взамен каменного угля можно достичь хороших экологических показателей по отношению к первоначальному топливу при работе котла в таком же режиме: снижение выбросов окислов азота NO_x в 2,5 раза, отсутствие выбросов оксидов серы и снижение выбросов твердых частиц и ПАУ.

Таблица 1

Исходные данные

Наименование величины	ВУТ	Кузнецкий каменный уголь марки Д
Марка котла	ТП-35у	ТП-35у
КПД котла	0,872	0,864
Состав топлива на рабочую массу:		
$W^P, \%$	37,1	11,5
$A^P, \%$	11,1	15,9
$S^P, \%$	0,3	0,4
$C^P, \%$	39,5	56,4
$H^P, \%$	2,8	4,0
$O^P, \%$	6,9	9,9
$N^P, \%$	1,3	1,9
Пластификатор	1,0	-
Низшая рабочая теплота сгорания топлива, $Q_n^P, \text{кДж/кг}$	15330	21900
Максимальный расход натурального топлива, В кг/с	2,33	1,45
Максимальный расход условного топлива, $B_y \text{ кг/с}$	1,22	1,08
Степень рециркуляции дымовых газов, г, %	20	20
Продолжительность работы котла в расчетном периоде, ч/год	8760	8760
Фактическая паропроизводительность котла, т/ч	35	35
Номинальная паропроизводительность котла, т/ч	35	35
Объем воздуха, теоретически необходимый для полного сгорания топлива, $\text{м}^3/\text{кг}$	4,03	5,758
Потери тепла от механической неполноты сгорания топлива $q_4, \%$	3	0,7

Содержание NO_x существенно ниже нормативного значения, которое составляет 750 мг/м^3 (ГОСТ 28193-89). Это объясняется тем, что концентрация

окислов азота в результате процесса горения в топочной камере котла зависит от температурного уровня в ядре факела и концентрации кислорода. Частичное подавление образования NO_x осуществляется соответствующей организацией топочного процесса при более низкой температуре в зоне горения и малом избытке воздуха. Эффективное сжигание ВУТ наблюдается при температуре 850-1000 °С в зоне воспламенения и в районе расположения горелочных устройств, что ниже температур, при которых происходит активное образование окислов азота NO_x (1000-1300 °С). Так же для сжигания ВУТ требуется меньший объем воздуха, теоретически необходимый для полного сгорания топлива.

При горении ВУТ из кузбасского угля марки Д практически не образуется двуокись серы SO_2 . Это связано с низким содержанием серы в исходном топливе – 0,4% [1].

Таблица 2

Результаты расчетов выбросов загрязняющих веществ

Наименование величины	Кузнецкий каменный уголь марки Д	ВУТ
Суммарное количество оксидов азота M_{NO_x} , в пересчете на NO_2 , мг/м ³ , в том числе:		
Диоксида азота	419	173
Оксида азота	335	139
	55	23
Суммарное количество оксидов серы, мг/м ³	0,4	0,33
Суммарное количество бенз(а)пирена, мг/м ³	$0,013 \cdot 10^{-3}$	$0,009 \cdot 10^{-3}$
Суммарное количество твердых частиц, мг/м ³	1146,5	995,4

Снижение выбросов бенз(а)пирена объясняется высокой концентрацией водяных паров и снижением температуры в топке котельного агрегата. Установлено, что наиболее благоприятные условия для образования бенз(а)пирена наблюдаются при значениях температуры 700 – 800 °С, что ниже температуры эффективного горения ВУТ [5].

Так же наличие воды в составе ВУТ увеличивает время горения капли ВУТ, что благотворно сказывается на уменьшениях выбросов бенз(а)пирена и твердых частиц. Необходимо отметить, что по этой же причине существенно сокращаются потери тепла от механической неполноты сгорания топлива q_4 , % (табл. 1) [6].

Выводы: высокие экологические показатели ВУТ обусловлены следующими факторами:

1. Невысокой температурой горения топлива;
2. Более полным выгоранием частиц распыленного ВУТ, вследствие повышенного содержания влаги в топливе и продолжительного времени горения капель ВУТ;
3. Сниженным содержанием азота и серы в ВУТ по отношению к исходному топливу;
4. Сокращением потерь тепла от механической неполноты сгорания топлива.

Список литературы

1. Результаты исследования вредных выбросов при сжигании суспензионного угольного топлива / В. И. Мурко, В. И. Федяев и др. // Journal of Siberian Federal University. Engineering and Technologies. – 2012. – №5. – С. 512 – 519.
2. Шевцова А. А., Кокотова А. А. Снижение вредных выбросов в атмосферу при сжигании твердого топлива в котлах с кипящим слоем / А. А. Шевцова, А. А. Кокотова // III МНПК «Перспективы развития научных исследований в 21 веке». – Махачкала, 2013. – С. 82 – 87.
3. РД 34.02.305-98. Методика определения валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от котельных установок ТЭС / Всероссийский теплотехн. ин-т. – М., 1999. – 24 с.
4. РД 153-34.0-02.318-2001. Методические указания по расчету валового выброса двуокси углерода в атмосферу из котлов тепловых электростанций и котельных / Всероссийский теплотехн. ин-т. – М., 2002. – 4 с.
5. Вихревая технология сжигания суспензионного водоугольного топлива. Экологические аспекты / Н. В. Журавлева, В. И. Мурко и др. // Экология и промышленность России. – 2009. – С. 6 – 9.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ В СИСТЕМАХ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

В статье рассмотрены основные способы аккумулирования тепловой энергии. Представлены преимущества при внедрении аккумулирования тепла в системах централизованного теплоснабжения.

Несмотря на то, что Россия уже более 20 лет назад перешла от плановой экономики к рыночной, ожидаемого широкого развития теплоэнергетического комплекса не произошло. Никаких изменений в структуре теплоисточников, производящих тепловую и электрическую энергию не наблюдается, а также в области энергосбережения не наблюдается. Наоборот, выявляются некоторые обратные процессы, которые отбрасывают экономику в прошлое. Так, например, вместо того, чтобы внедрять в теплоэнергетику новые технологии, энергосберегающие мероприятия в наиболее эффективную когенерацию, т.е. совместную выработку тепловой и электрической энергий, в центре многих городов, в зоне действия тепловых сетей от ТЭЦ, стали строиться котельные. Стоимость строительства и эксплуатации этих котельных более чем в полтора раза выше, чем при централизованном теплоснабжении [1].

Одной из эффективных технологий в теплоэнергетике является применение тепловых аккумуляторов на ТЭЦ. Данные технологии нашли широкое применение по всему миру. Однако в России не рассматриваются и не ставятся задачи по внедрению этих высокоэффективных технологий.

Под аккумулированием тепловой энергии подразумевается накопление избытка горячего теплоносителя (воды) в специальном устройстве, сооружении (баке-аккумуляторе), с целью его дальнейшего использования в удобное время для покрытия пиковых нагрузок на ГВС и отопление. Для зарядки этих аккумуляторов требуется некоторое количество энергии. После полного наполнения бак-аккумулятор считается полностью готовым к использованию в моменты пиковых нагрузок потребителей. Однако в процессе хранения тепловой энергии имеют место быть потери. Это могут быть утечки, снижение температуры теплоносителя в процессе теплопередачи и т.д. Таким образом, невозможно получить полностью всю аккумулируемую энергию.

Все аккумуляторы характеризуются: видом аккумулируемой энергии; объемом аккумулируемой энергии; величиной потерь энергии; КПД аккумуляции; длительностью зарядки и отдачи энергии.

Аккумуляирование тепловой энергии возможно путем: нагрева твердых или жидких веществ; закачивания горячего теплоносителя в устройство, схожее по принципу работы с термосом, т.е. сохраняющее длительное время температуру теплоносителя; использования фазовых переходов с поглощением-выделением скрытой теплоты; применения обратимых химических реакций (термохимическое аккумуляирование).

Для аккумуляирования могут использоваться искусственные и природные каменистые породы, химические соединения. Однако они имеют небольшую аккумулирующую способность, находящуюся в пределах от 50 до 400 Вт·ч/кг.

Также эффективно может аккумуляироваться теплота плавления некоторых материалов, таких как гидроокись натрия (NaOH), фторидов натрия, магния и лития.

Аккумуляирование может быть основано на использовании обратимого процесса фазового перехода плавление-затвердевание с использованием фазоменяющих материалов. Аккумуляирование тепловой энергии данным способом труднее предыдущих за счет усложнения конструкции бака-аккумулятора. Также имеется значительная степень зависимости эффективности аккумуляторов фазового перехода от степени использования всего потенциала накопления и отдачи тепловой энергии за полный цикл работы. Поэтому важен правильный выбор оптимальных параметров самой конструкции бака-аккумулятора, объем и масса теплоаккумуляующего материала.

Свойства фазоменяющих аккумулялирующих материалов были изучены рядом авторов различными экспериментальными и численными методами [2]. Данные исследования выявили определенные закономерности переноса теплоты при фазовом переходе вещества с твердого состояния в жидкое и наоборот. В зависимости от того, в какое состояние переходит аккумулялирующее вещество (твердое или жидкое), процесс протекает с поглощением или выделением теплоты. Эта теплота называется скрытой теплотой фазового перехода. При этом теплота затрачивается при плавлении на разрушение кристаллической решетки вещества и, наоборот, выделяется при

его кристаллизации. Удельная теплота фазового перехода для теплоаккумулирующего вещества является постоянной величиной:

$$Q_{\phi}^{\text{уд}} = \frac{Q_{\phi}}{m}, \quad (1)$$

где Q_{ϕ} – скрытая теплота фазового перехода, Дж/кг; m – масса, кг.

Если процесс передачи теплоты происходит при постоянном давлении, то $Q_{\phi}^{\text{уд}}$ постоянна и равна энтальпии фазового перехода ΔH_{ϕ} . Температура фазового перехода у неорганических веществ постоянна, а у органических меняется.

Отличным теплоаккумулирующим материалом (ТАМ) является парафин. Парафин – органическое соединение, представляющий собой смесь алифатических углеводородов (предельных углеводородов). Данный ТАМ имеет большую теплоту фазового перехода. В жидком состоянии парафин не смешивается с водой, т.к. является неполярной жидкостью. Поэтому его можно использовать в прямом контакте с водой. Также парафины имеют низкую электропроводность. В процессе работы не происходит химических реакций и изменений, поэтому теплоаккумулирующая способность не меняется и остается на высоком уровне в течении всего срока службы.

К преимуществам парафинов относятся также долговечность, стабильность при длительном и цикличном изменении агрегатного состояния, экологическая безопасность, безвредность для животного и растительного мира, не токсичность, коррозионная устойчивость.

Однако парафины имеют и отрицательные свойства. Они расширяются при затвердевании, т.е. необходимо предусматривать компенсацию изменения объема при проектировании бака-аккумулятора. В зависимости от типа в жидком состоянии парафины имеют плотность $750 - 850 \text{ кг/м}^3$, в твердом состоянии $800 - 900 \text{ кг/м}^3$. Также парафины имеют низкий коэффициент теплопроводности – $0,15 \text{ Вт/(м·К)}$. Поэтому следует предусматривать меры по увеличению теплообмена.

Теоретическое количество теплоты, которое запасает аккумулятор, работающий на основе органических соединений с фазовым переходом, рассчитывается по формуле [3]:

$$Q = c^{\text{ТВ}}m(T_{\text{пл}}^{\text{н}} - T_1) + \Delta H_{\text{пл}}m + c^{\text{ж}}m(T_2 - T_{\text{пл}}^{\text{к}}), \quad (2)$$

где c^{TB} – удельная теплоемкость ТАМ в твердом состоянии, кДж/(кг·К); $c^Ж$ – удельная теплоемкость ТАМ в жидком состоянии, кДж/(кг·К); m – масса ТАМ, кг; T_1 – температура окружающей среды, °С; T_2 – конечная температура нагрева ТАМ, °С; $T_{пл}^H$ – начальная температура плавления ТАМ, °С; $T_{пл}^K$ – конечная температура плавления ТАМ, °С; $\Delta H_{пл}$ – удельная теплота плавления ТАМ, кДж/кг.

Аккумуляция тепловой энергии имеет некоторые преимущества.

1. Выравнивание неравномерности суточных и годовых нагрузок потребителей. Как известно, потребление тепловой энергии потребителями в течении суток и года непостоянно. Выявляются пики потребления горячего водоснабжения в вечернее время и минимальное потребление в ночной период. Зимой к нагрузке горячего водоснабжения добавляется отопительная нагрузка, которая отсутствует летом. При этом температура воздуха в ночное время относительно дня резко понижается, что значительно увеличивает нагрузку на отопление. Экономично в часы минимального теплоснабжения направлять теплоноситель в бак-аккумулятор, а в часы пикового теплоснабжения использовать и бак-аккумулятор для покрытия всей нагрузки.

2. Создание некоторого запаса тепловой энергии. При аварийных ситуациях или внеплановых ремонтных работах для предотвращения перебоев в теплоснабжении возможно накопление горячего теплоносителя в аккумуляторе тепла. Эта возможность является актуальной в связи с видимым старением всего оборудования ТЭЦ и котельных. Аккумуляция тепловой энергии может сократить время планового отключения теплоснабжения в летний период, а также обеспечить бесперебойное теплоснабжение детских садов, медицинских учреждений, объектов, нуждающихся в круглогодичном теплоснабжении.

3. Полезное использование излишков тепловой энергии, сбрасываемых в градирни. На ТЭЦ большие объемы горячей воды бесполезно охлаждаются в градирне. Это тепло можно полезно использовать путем закачивания горячей воды в тепловой аккумулятор.

4. Повышение показателей энергосбережения, в т.ч. снижение расхода топлива за счет использования аккумулятированной энергии в часы пикового потребления.

5. В котельных внедрение аккумуляторов тепла позволяет выводить оборудование на постоянный режим работы, не меняя выработку тепловой

энергии. При этом оборудование можно вывести на такой режим, при котором наблюдается самый высокий КПД. Также эксплуатация оборудования на постоянном режиме значительно продлевает срок его службы.

6. Уменьшение выбросов вредных веществ в атмосферу за счет снижения объемов сжигаемого топлива. При сжигании в котельных агрегатах угля или мазута в атмосферу выделяются большие объемы вредных веществ: окислы серы, оксиды азота, углерода, бензапирен, зола, сажа, угольная пыль. Даже при минимальном сокращении количества сжигаемого топлива на котельных и ТЭЦ можно значительно уменьшить загрязнение атмосферы. В настоящее время уменьшение выбросов в атмосферу является актуальной задачей для всего мира.

7. Использование тепловых аккумуляторов позволяет отключать котельные в выходные дни. Также возможен экономический эффект при работе котельной в период с 23.00 часов до 7.00 при использовании ночного тарифа на электроэнергию (при дифференцированном тарифообразовании). Часть выработанного тепла закачивается при этом в тепловой аккумулятор, а затем в дневное время используется на нужды потребителей.

Во всем мире широко используются тепловые аккумуляторы. Примерами могут служить Дания, Канада, Финляндия [1, 4]. В этих странах данные технологии используются уже много лет, увеличивая эффективность работы теплоисточников. Есть типовые проектные решения действующих установок, что снижает затраты на проектирование аккумуляторов тепла.

Изучив позитивные стороны данного вопроса можно сделать вывод, что внедрение аккумуляторов тепла является актуальным способом повышения энергоэффективности ТЭЦ и котельных, улучшает экологическую обстановку, повышает показатели надежности теплоснабжения.

Список литературы

1. Богданов, А. Б. Проблемы энергосбережения в России / А. Б. Богданов // Профессиональный журнал. – 2005. – №19. – С. 52 – 56.

2. Антипов, Е. А. Экспериментальное исследование процессов фазового перехода в теплоаккумулирующих материалах органического происхождения / Е. А. Антипов // Вестник ВИЭСХ. – 2015. – №3. – С. 44 – 48.

3. Направления создания микрокапсулированных теплоаккумулирующих материалов с фазовым переходом / Ю. С. Альбинская, С. М. Усачев и др. //

Научный Вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. – 2013.

4. Сезонное аккумулирование тепловой энергии // Новости теплоснабжения. – 2013. – № 05.

УДК 662.661.76

М. А. Липко, А. Р. Акижанов, В. Р. Ведрученко, Е. С. Лазарев

СЛОЕВОЕ СЖИГАНИЕ ТОРФА В ТОПКАХ С ПЛОСКОЙ НЕПОДВИЖНОЙ КОЛОСНИКОВОЙ РЕШЕТКОЙ. ОСНОВЫ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

В статье показаны разведанные данные запасов торфа в России, а так же нормы качества торфа и схема последовательных фаз процесса горения. Так же дан анализ поведение топлива в процессе его сжигания, его положительные и отрицательные стороны.

Торф является промежуточной стадией превращения растительного материала в ископаемый уголь (бурый, каменный уголь, антрацит) и представляет собой рассыпчатую землистую массу черно-бурого цвета. Так же является удобрением для сельского хозяйства.

По происхождению торф классифицируется:

- торф низинных залежей характеризуется значительной зольностью (15 % и выше) и средней или высокой степенью разложения;
- торф, образовавшийся в верховой стадии, характеризуется малой зольностью (3 – 5 %), а также малой и средней степенью разложения;
- переходной торф имеет зольность, равную примерно 6 %, и среднюю степень разложения.

В зависимости от степени разложения различают торф с низкой степенью разложения – до 20 %, средней – 20 – 35 и с высокой – выше 35 %. Как топливо торф используется со степенью разложения не менее 20 % на верховых и переходных залежах и не менее 15 % на низинных.

С увеличением степени разложения качество торфяного топлива обычно улучшается. Торф со степенью разложения менее 20 % может быть использован на подстилку и изготовление изоплит. Состав горючей массы торфа зависит от торфообразователей, степени их разложения и для различных

видов торфа характеризуется следующими средними цифрами:

$$C^r = 57,8; H^r = 6 \%; N^r = 2,5 \%, S_{\text{д}}^r = 0,3 \% \text{ и } O^r = 33,4 \%.$$

Из-за обвального роста цен на энергоносители и их доставку в прошлые годы региональные власти Омской области вынуждены были искать пути выхода из энергетического и топливного кризиса.

Одним из таких путей для Западно-Сибирского региона (и северных районов Омской области) является более широкое вынужденное использование местного топлива – торфа.

Обоснованием такого решения могут являться и значительные разведанные запасы торфа в Западно-Сибирском экономическом районе которые отображены в табл. 1.

Таблица 1

Распределение разведанных запасов торфа России (данные 1975 г.)

Экономический район	Общая площадь торфяных месторождений, млн. га	Запасы торфа, млрд. т (40 % влажности)
Северо-Западный	8,9	19,8
Центральный	1,4	5,2
Центрально-Черноземный	0,04	0,1
Волго-Вятский	0,5	2,0
Поволжский	0,1	0,3
Уральский	2,7	9,1
Восточно-Сибирский	3,1	4,0
Дальневосточный	5,7	5,2
Западно-Сибирский	34,1	103,9

Ведущее место среди всех способов добычи торфа принадлежит фрезерному способу, который был разработан и внедрен в торфяную промышленность советскими инженерами еще в 1927 г. Нормы качества торфа показаны в табл. 2.

Сущность фрезерного способа добычи торфа состоит в том, что верхний, наименее увлажненный слой торфяной залежи измельчается при помощи специальных механизмов на глубину 10 – 12 мм, сушится на той же площади и через 1 – 2 дня убирается в складочные единицы (штабели или караваны).

Нормы качества торфа

Показатели качества	Вид торфа	
	фрезерный	кусовой
Содержание влаги W_p , % не более:		
I группа	50	45
II группа	52	48
Зольность A^C , %, не более	23	23
Засоренность, %, не более	10	–
Содержание мелочи, %, не более	–	30

При сжигании твёрдого топлива ход превращения очень упрощенно можно представить последовательностью условных «фаз» на (рис. 1). После подачи воздуха и горючего первая «фаза» включает в себя подогрев и подсушку рабочего топлива. Вторая «фаза» представляет возгонку – коксообразования и распадается на две составляющие – горение летучих и горение кокса – шлакообразование. Последнее характеризуется как четвёртая «фаза». Третья и четвёртая «фазы» переходят в стадию отвода дымовых газов. Приближённая укрупненная схема последовательных «фаз» процесса горения торфа представлена на схеме.

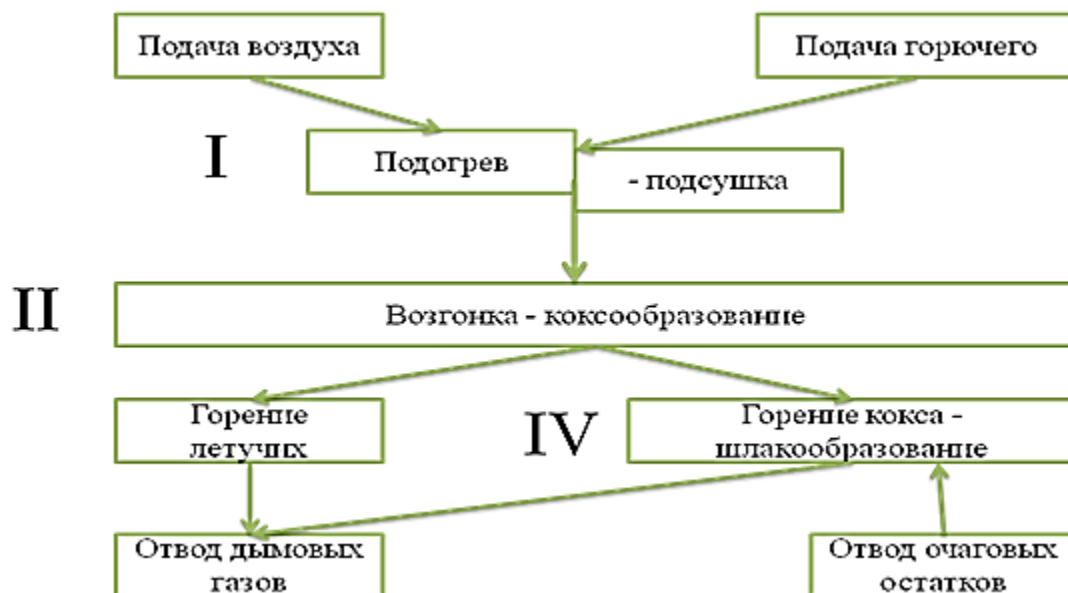


Рис. 1. Схема последовательных фаз процесса горения

Летучие в третьей «фазе» горят отдельно от коксового остатка (четвёртая «фаза»). Получаются газообразные продукты горения, а очаговые остатки отводятся из слоя в зольник через решетку. Наиболее простой конструкцией

Technical drawings of a mechanical device, likely a conveyor or sorting system, showing top, side, and front views with dimensions and labels.

Top View: Shows the overall layout with a total width of 3150 and a central section width of 4500. The device features a series of vertical components, possibly rollers or guides, and a central conveyor belt area.

Side View: Shows the profile of the device with a total height of 2200. It includes a base and a top structure.

Front View: Shows the internal components, including a series of vertical rollers or guides. Dimensions include a total width of 3150, a central section width of 4500, and a height of 2200. Labels indicate the "Откидная плита" (Foldable plate) and "Неподвижная плита" (Fixed plate). The rollers are labeled "Качающиеся колёсики" (Swinging rollers).

Топка с неподвижной колосниковой решеткой и перемещающимся по ней слоем топлива состоит из отдельных беспровальных колосников в форме плит.

В топки длительного горения работают с большой неравномерностью во времени по теплопроизводительности и неоптимальной подачей воздуха на горение.

Из этой табл. 3 можно заключить, что чем больше в топливе летучих и кислорода, тем ниже для него температура воспламенения. Нужно отметить,

что увеличение поверхности твердого топлива вообще облегчает его воспламенение.

Таблица 3

Вид(сорт) топлива или вещества	Температура воспламенения Тв, °С		Выход летучих на рабочую массу, %
	Минимальная измеренная	Максимальная измеренная	
Пропан	530	588	-
Бутан	490	569	-
Нефть	360	400	-
Торф	225	250	70
Бурые угли	250	450	45-50
Кокс	600-700	600-700	4

При переводе котла для работы с угля на торф необходимо, видимо, сохранить теплопроизводительность камеры сгорания Q_T , которая пропорциональна низшей теплоте сгорания топлива и его расходу:

$$Q_T = Q_n^p B \eta_T, \quad (1)$$

где B - часовой расход топлива, кг/ч; η_T - КПД камеры сгорания;

Q_n^p - низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг.

Часовой расход топлива оценивают по формуле:

$$B = V_k Q_{nr} g_k, \quad (2)$$

где V_k - объём камеры сгорания, м³, g_k - теплопроводность, кДж/м³·ч.

О поведении топлива в процессе его сжигания наиболее ясное представление могут дать следующие характеристики:

- химический состав, определяемый «возрастом» топлива и его месторождением;
- теплота сгорания, зависящая от состава топлива и содержания балласта;
- отношение к нагреванию, что определяется количеством летучих веществ (их выходом) и содержанием кислорода в топливе.

Рассматриваемый процесс обладает следующими преимуществами как:

- высокая стабильность процесса горения в широком диапазоне форсировок;

- возможности организации сжигания топлив с различной начальной влажностью без предварительной подсушки;
- отсутствие сложной системы пылеприготовления.

Список литературы

1. Овсянников, В. В. Вопросы теплоэнергетики и теплоиспользования: Меж-вуз. темат. сб. науч. тр. / В. В. Овсянников, В. Р. Ведрученко, В. М. Лебедев / Омская гос. акад. путей сообщения. – Омск, 1996. – 72 с.
2. Ведрученко, В. Р. Топливо и основы горения: Монография / В. Р. Ведрученко, В. В. Крайнов / Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск, 2010. – 261 с.

УДК 662.769.21

А. В. Рожкова

ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОДА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

В статье приведен анализ водорода как топлива для отопления частных домов, сравнительная характеристика природного газа и водорода, способы получения водорода и предложена схема установки для сжигания водорода.

В современном мире основную долю энергетических ресурсов составляет ископаемое топливо. Электростанции по всему миру, в том числе и в нашей стране, сжигают уголь, мазут и природный газ.

Относительно недавно широкое распространение получили также атомная и гидроэнергия. Остальные же виды энергии, такие как солнечная, энергия морских волн, ветра, геотермальная энергия, начинают набирать обороты, но все же составляют небольшую долю в общем объеме потребляемой энергии в нашей стране.

В будущем, развитие современной энергетики ведет человечество к глобальному экологическому и энергетическому кризису.

Стремительно быстро сокращаются запасы ископаемых видов топлива. Этот факт вынуждает развитые страны искать альтернативные пути решения данной проблемы, такие как возобновляемые источники энергии.

В России большое внимание уделено энергетическим объектам большой

мощности. В настоящее время с появлением малых индивидуальных производственных предприятий и малых бизнесов стоит вопрос применения небольших генераторов тепловой энергии с использованием различных топлив не привязанных к сетям газоснабжения и других органических топлив.

В связи с выше сказанным последнее время наметился поворот к использованию более эффективного энергетического топлива – водорода.

Водород – это самое распространенное вещество во Вселенной. Он представляет собой бесцветный газ, который к тому же не токсичен и имеется практически во всех соединениях.

Для того, чтобы наиболее наглядно противопоставить водород с распространенным в наше время видом топлива, природным газом, представим сравнительную характеристику в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительная характеристика водорода и природного газа

Свойства вещества	Водород	Природный газ
Агрегатное состояние, цвет, запах	Бесцветный газ, без запаха, без вкуса	Бесцветный газ, без запаха, без вкуса
Плотность, кг/м ³	0,008987 (в 14,5 раз легче воздуха)	0,68-0,85 (в 1,8 раз легче воздуха)
Растворимость в воде	малорастворим	малорастворим
Распространенность	Самый распространенный во Вселенной, неисчерпаемый источник	Занимает третье место распространенности, запасов хватит на 76 лет
Температура горения	2500 °С – 6000 °С	1700 °С – 1900 °С
Конечный продукт горения	Вода	Углекислый газ, водяные пары, азот, кислород
Токсичность	Не токсичен	Токсичен
Средняя стоимость 1 м ³ , руб.	2,289	4,93
Удельная теплота сгорания, МДж/кг	119,83	41 - 49
Взрывобезопасность	При взаимодействии с кислородом взрывоопасен	При соединении с кислородом и воздухом взрывоопасен

Анализируя, полученные данные можно прийти к выводу:

1. Водород намного легче воздуха, а значит, при утечке топливо улетучится из котельной очень быстро, газ же намного тяжелее водорода, но он тоже довольно быстро уходит в атмосферу.

2. Водород практически неисчерпаемое вещество, а вот природного газа по подсчетам ученых в нашей стране хватит только на 76 лет.

3. Водород не токсичен, чего нельзя сказать о природном газе, хотя чистый метан не ядовит, но при недостатке кислорода в воздухе вызывает удушье.

4. Продукт горения водорода является абсолютно безвредное вещество – обычная вода, природного газа – продукты неполного сгорания (оксид углерода, диоксид азота, аэрозольные органические частицы).

5. Температура горения водорода достигает 6000°C , что свидетельствует о высокой теплоемкости этого вида топлива, температура горения газа – 1900°C

6. Стоимость 1 м^3 природного газа для Омской области – 4,93 руб.

По исходным данным 1 кг водорода стоит 113,18 руб, плотность водорода – $0,008987\text{ кг/м}^3$.

По формуле 1 рассчитаем количество кубических метров в 1 кг водорода:

$$V = \frac{m}{\rho} \quad (1)$$

где V – объем водорода, м^3 ; m – масса, кг; ρ – плотность, $\text{м}^3/\text{кг}$.

$$V = \frac{1}{0,008987} = 111,272\text{ м}^3$$

Следовательно, на 1 кг водорода приходится $111,272\text{ м}^3$.

Составим пропорцию:

$$\frac{V_0}{S_0} = \frac{V}{S} \quad (2)$$

где V_0 – объем, равный 1 м^3 водорода; S_0 – средняя стоимость 1 м^3 водорода, руб; V – объем 1 кг водорода, м^3 ; S – средняя стоимость 1 кг водорода, руб.

Из формулы 2 получим среднюю стоимость 1 м^3 водорода:

$$S_0 = \frac{V_0 \cdot S}{V} \quad (3)$$

$$S_0 = \frac{1 \cdot 113,18}{111,272} = 1,017\text{ руб}$$

Удельная теплота сгорания водорода равна $119,83\text{ МДж/кг}$.

Энергоемкость природного газа примерно в 2,5 раза меньше, к тому же себестоимость водорода ниже примерно в 4 раза.

В различных процессах и технологических схемах получения водорода затрачиваются теплота и работа, которые могут быть получены от различных источников энергии: природных жидких и газообразных топлив, угля, ядерных, а в перспективе и термоядерных реакторов различных типов, от источников возобновляемых энергоресурсов (солнечная и геотермальная энергия, гидроэнергия и др.). Эти источники различаются многими характерными показателями: уровнем рабочих температур, удельными мощностями, режимами работы, эффективностью преобразования энергии, удельными капитальными затратами и т. д. Использование того или иного источника энергии для производства водорода в значительной степени определяет как выбор наиболее подходящих процессов, так и конкретную технологическую схему производства и ее технико-экономические показатели [1].

В современной энергетике наибольшее распространение получила водородная установка для отопления дома, которая предполагает получение водорода путем расщепления воды. Доподлинно известно, что при электролизе вода распадается на кислород и водород, затем при взаимодействии молекул водорода и кислорода происходит реакция, после протекания которой образуется газ Брауна и происходит процесс выделения большого количества тепла. Тепло же производит нагрев воды, которая обеспечивает необходимую температуру в помещении.

Рассмотрим принцип работы электролизера – генератора водорода, обеспечивающего реакцию между кислородом и водородом (рис. 1).

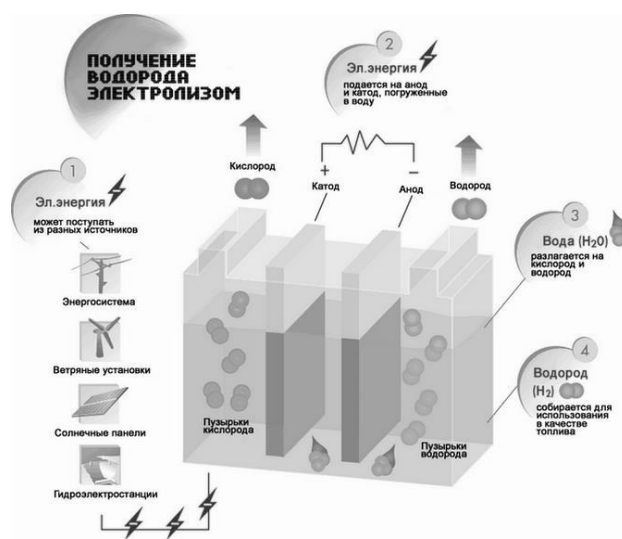


Рис. 1. Получение водорода электролизом

Электрическая энергия, поступающая от различных источников (энергосистема, ветряные установки, солнечные панели, гидроэлектростанции), подается на анод и катод, погруженные в воду. Вода разлагается на кислород и водород, водород собирается для использования в качестве топлива, но при контакте с воздухом водород может стать взрывоопасным элементом.

Далее топливо (смесь водорода и кислорода) подается на горелку, факел горелки разогревает теплообменник, а залитый в теплообменник теплоноситель, чаще всего вода, транспортируют к батареям. В качестве теплообменника выступает котел. Для отвода продуктов сгорания никаких специальных приспособлений не требуется, так как в процессе горения смеси кислорода и воздуха выделяется только водяной пар.

Исходя из выше сказанного рассмотрим преимущества и недостатки водородных котлов:

Плюсов у водородных котлов достаточное количество:

1. В качестве топлива водород можно использовать на абсолютно любых котлах, для этого нужно лишь поменять горелку и уложить гранит или шамотный камень в топку, необходимый для уменьшения перегрева тогда.
2. Легкая доступность и неиссякаемость запасов топлива.
3. Водородные котлы абсолютно безвредны, так как не выделяют токсичные вещества.
4. Высокий КПД (90% и выше).
5. Не нужен дымоход.
6. Работа устройства без шума.

Но водородные агрегаты обладают и рядом недостатков:

1. Взрывоопасность в случае несоблюдения инструкции по эксплуатации (при смешивании водорода с кислородом в пропорции 2:5).
2. Очень маленький ассортимент продукции промышленного типа.
3. Соответственно высокая цена промышленных изделий.
4. Неудобство в транспортировке.

Подводя итоги, альтернативное отопление частного дома водородом приходится не дороже отопления природным газом. К тому же пользователю котла на водороде нет необходимости оплачивать аппетиты хозяев газовых компаний и подводить газопровод, который имеет довольно высокую стоимость, а также нет необходимости согласовывать всевозможные проекты и разрешения. Отопление водородом экономически и экологически выгодно.

К сожалению, в нашей стране водородные котлы не часто встречаются, хотя за рубежом практика использования подобных агрегатов широкомасштабна. Из этого вытекает проблемы с ассортиментом и ценой водородных котлов. Потребителю стоит задуматься о необходимости использования данного альтернативного вида топлива, так как ископаемые природные виды топлива неограничены.

Список литературы

1. Шпильрайн, Э. Э. Введение в водородную энергетику [Текст] / Э. Э. Шпильрайн, С. П. Малышенко, Г. Г. Кулешов; под ред. В.А. Легасова. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 264 с.
2. Ведущий портал по отоплению [Электронный ресурс]. – М., 2016-2018. URL: <http://spetsotoplenie.ru>. (Дата обращения 23.01.2018).
3. Варшавский, И. Л. Энергоаккумулирующие вещества и некоторые принципы их использования для транспорта, энергетики и промышленности [Текст] / И. Л. Варшавский. – М.: Наука, 1970. – 51 с.

УДК 662.994

А. М. Парамонов, Е. М. Резанов

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОДОГРЕВА ВОЗДУХА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕПЛОВОЙ РАБОТЫ ТЕРМИЧЕСКОГО АГРЕГАТА

Приведены результаты численного исследования влияния температуры подогрева воздуха, необходимого для горения топлива в радиационной трубе, на тепловой режим и технико-экономическую работу термического агрегата.

Одной из задач в настоящее время, решаемой наукой, является внедрение новых технологий, с оптимальными затратами. Важность решения такой задачи способствует экономии топливно-энергетических ресурсов.

В промышленности для термообработки деталей и узлов применяются термические агрегаты с радиационными трубами, в которых топливо сжигается в радиационных трубах, что способствует снижению потерь металла от окисления и увеличению эффективности технического процесса

термообработки. Пример исследуемого термического агрегата с радиационными трубами и рекуперативными устройствами «BIRLEC» R18 представлен на рис. 1.

Печной агрегат состоит из тепловых зон: первая – нагрев металла до 870 °С; вторая и третья – цементация; четвертая – стабилизирующая зона, способствующая равномерному прогреву металла. Производительность термического агрегата 400 кг/ч при использовании природного газа с теплотворной способностью 35,4 МДж/м³, расход газа 4,9 м³/ч, термический коэффициент полезного действия 17 % с температурой подогрева воздуха 100 °С, время нагрева металла в первой зоне 3 ч.

В настоящее время можно получить в агрегатах термического производства максимальную экономию топлива, применяя горелочно – утилизационные устройства.

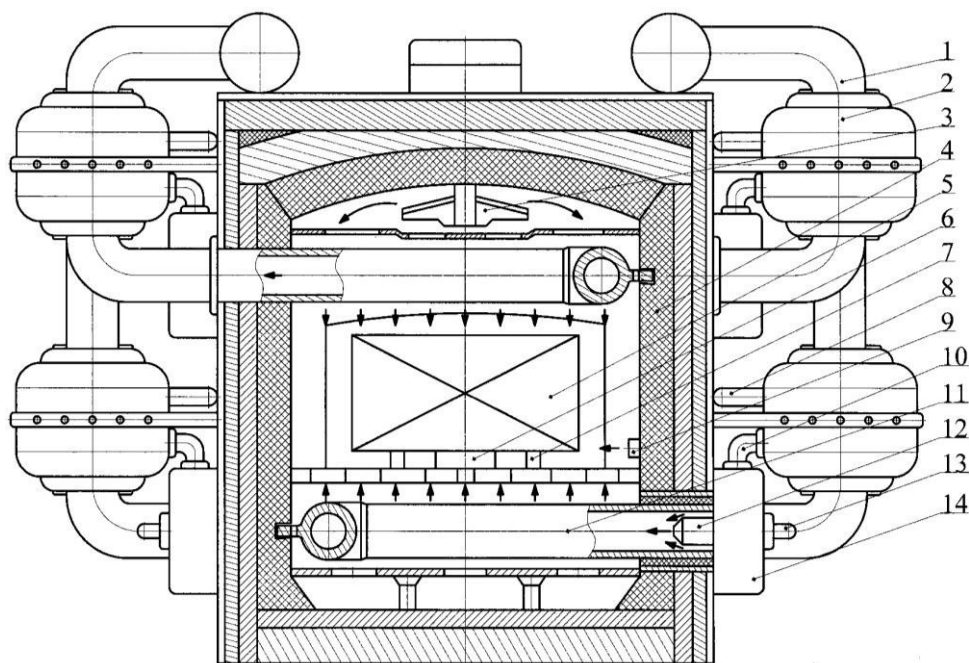


Рис. 1. Поперечный разрез термического агрегата с радиационными трубами и рекуперативными устройствами: 1 – трубопровод отходящих газов; 2 – рекуперативное устройство; 3 – вентилятор; 4 – футеровка; 5 – садка; 6 – толкательный механизм; 7 – направляющая для садки; 8 – трубопровод подающего воздуха; 9 – подвод атмосферы (защитной); 10 – подающий воздухопровод нагретого воздуха; 11 – керамическая радиационная труба; 12 – горелочное устройство; 13 – подающий топливопровод; 14 – горелочный блок

Создание температурного поля в зоне нагрева металла осуществляется керамической «U»-образной радиационной трубой.

Радиационная труба термического агрегата приведена на рис. 2, с

конструктивными параметрами: $d_0 = 0,012$ м; $d_T = 0,1$ м; $D_T = 0,12$ м; $r = 0,05$ м; $R = 0,16$ м; $l_p = 0,7$ м.

Конструкция рекуператора для подогрева воздуха, за счет отходящих дымовых газов из керамической радиационной трубы, представлена на рис. 3: $\delta = 0,05$ м; $d_p = 0,3$ м.

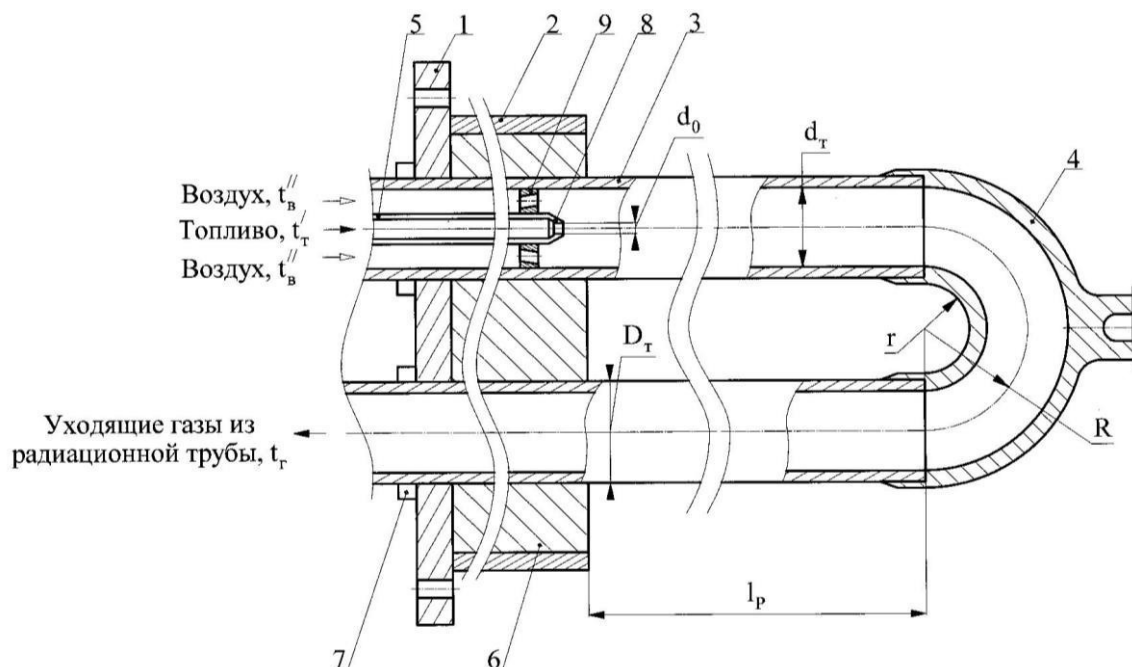


Рис. 2. Конструкция керамической «U»-образной радиационной трубы:
1 – плита; 2 – короб; 3 – корпус керамической радиационной трубы;
4 – поворотное колено; 5 – газовая труба; 6 – изоляционная набивка;
7 – уплотнительный сальник; 8 – сопло; 9 – завихритель воздуха

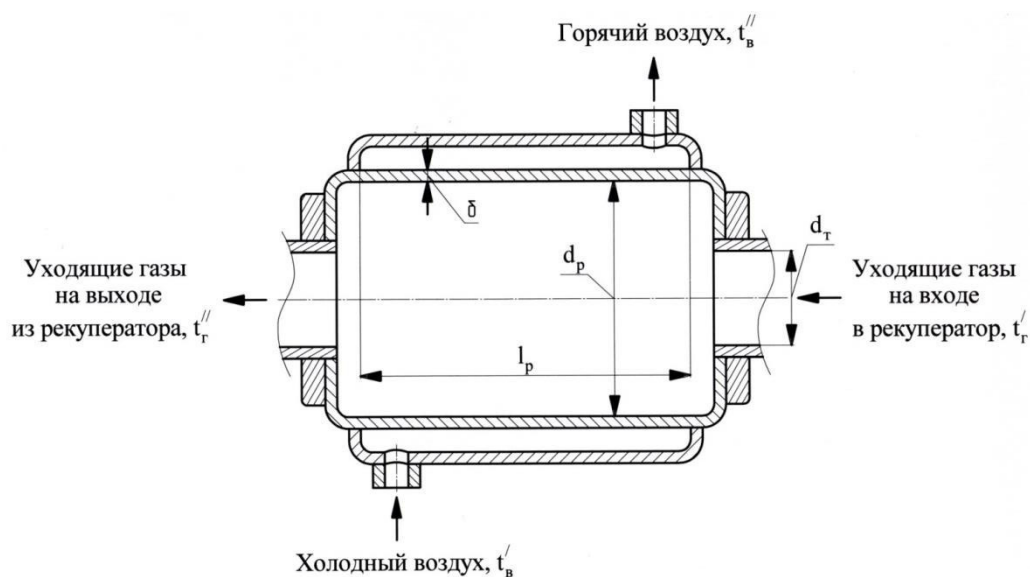


Рис. 3. Конструкция рекуператора

Для исследования влияния температуры подогрева воздуха, необходимого для горения топлива, на тепловой режим агрегата разработана математическая модель, которая позволяет рассчитать тепловые потоки в рабочей зоне и в радиационной трубе, с учётом оптимальной технико-экономической работы рекуператора [1]:

$$Q_{\text{тр}} = c_{\text{пр}} \Psi_{\text{т.м}} F_{\text{т}}^{\text{п}} \left[\left(\frac{T_{\text{ст}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{м}}}{100} \right)^4 \right] \quad (1) \quad Q_{\text{ст}} = Q_{\text{ст}}^{\text{и}} + Q_{\text{ст}}^{\text{к}} \quad (2)$$

$$Q_{\text{ст}}^{\text{и}} = C_0 \varepsilon_{\text{пр}} \varepsilon_{\text{г}} F_{\text{т}}^{\text{п}} \left[\left(\frac{T_{\text{ф}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{ст}}}{100} \right)^4 \right] \quad (3) \quad Q_{\text{ст}}^{\text{к}} = \alpha_{\text{к}} F_{\text{т}}^{\text{п}} (T_{\text{ф}} - T_{\text{ст}}) \quad (4)$$

$$c_{\text{пр}} = \frac{C_0}{\left(\frac{1}{\varepsilon_{\text{т}}} - 1 \right) \varphi_{\text{т.м}} + \frac{(1 - \varphi_{\text{м.т}}) \varphi_{\text{т.м}} + (1 - \varphi_{\text{т.м}}) \varphi_{\text{м.т}}}{1 - \varphi_{\text{т.м}} \varphi_{\text{м.т}}} + \left(\frac{1}{\varepsilon_{\text{м}}} - 1 \right) \varphi_{\text{м.т}}} \quad (5)$$

$$\varepsilon_{\text{г}} = \varepsilon_{\text{CO}_2} + \phi \varepsilon_{\text{H}_2\text{O}} \quad (6); \quad \alpha_{\text{к}} = 1,72 \left(\frac{W_{\text{г}}^{0,75}}{d_{\text{т}}^{0,25}} \right) \quad (7); \quad W_{\text{г}} = \frac{11,6 W_0 d_0}{l_{\text{т}}^{\text{п}}} \quad (8)$$

$$d_0 = \frac{33800 (l_{\text{т}}^{\text{п}} / d_{\text{т}}^{\text{п}})^{1,16}}{Q_{\text{н}}^{\text{п}}} \quad (9); \quad W_0 = \frac{0,838 B_{\text{п}} Q_{\text{н}}^{\text{п}}}{(l_{\text{т}}^{\text{п}} / d_{\text{т}}^{\text{п}})^{2,32}} \quad (10); \quad l_{\text{ф}} = 42,32 d_0 \left(\frac{W_{\text{г}}^2}{d_0} \right)^{0,125} \left(\frac{v}{D} \right)^{0,3} \quad (11)$$

$$T_{\text{ф}} = \sqrt{\beta' T_{\text{т}} T_{\text{г}}} \quad (12); \quad t_{\text{т}} = \varphi t_{\text{к}} \quad (13); \quad t_{\text{к}} = t_{\text{к}}^0 + x_1' t_{\text{в}}^* + x_2' t_{\text{т}}' \quad (14)$$

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \frac{\varepsilon_{\text{ст}} + 1}{2} \quad (15); \quad t_{\text{г}} = \frac{a_4 - Q_{\text{ст}}}{B_{\text{п}} C_{\text{г}} V_{\text{г}}} \quad (16); \quad t_{\text{в.опт}}'' = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ad}}{2a}, \quad (17)$$

где $a = C_{\text{п}} \eta_{\text{в}} C_{\text{в}}''^2 V_{\text{в}} c_2 - K \varepsilon_{\Delta t} C_{\text{в}}'' C_{\text{т}} c_2^2;$ (18)

$$b = 2(K \varepsilon_{\Delta t} C_{\text{т}} c_1 - C_{\text{п}} \eta_{\text{в}} C_{\text{в}}' t_{\text{в}}' V_{\text{в}}) C_{\text{в}}'' c_2; \quad (19)$$

$$d = C_{\text{п}} \eta_{\text{в}} (C_{\text{в}}'' b_1 c_1 + C_{\text{в}}' t_{\text{в}}' (C_{\text{в}}'' V_{\text{в}} c_1 - c_2 b_1)) - K \varepsilon_{\Delta t} C_{\text{в}}'' C_{\text{т}} c_1^2; \quad (20)$$

$$b_1 = Q_{\text{н}}^{\text{п}} (1 - R_2) + C_{\text{т}}' t_{\text{т}}' - C_{\text{г}} t_{\text{г}} V_{\text{г}} - V_{\text{г}} R_1 - V_{\text{в}} C_{\text{в}}'' \delta t_{\text{в}}; \quad (21)$$

$$c_1 = (A \frac{C_{\text{г}}'}{C_{\text{г}}''} + B) t_{\text{г}}' + (\frac{V_{\text{в}} \eta_{\text{в}} C_{\text{в}}'}{m V_{\text{г}} \eta_{\text{г}} C_{\text{г}}'' (1 + \Theta)} - 1) A t_{\text{в}}'; \quad (22)$$

$$c_2 = \frac{A V_{\text{в}} \eta_{\text{в}} C_{\text{в}}''}{m V_{\text{г}} \eta_{\text{г}} C_{\text{г}}'' (1 + \Theta)} + B, \quad (23); \quad t_{\text{г}}' = \frac{C_{\text{г}} t_{\text{г}} + \Theta C_{\text{в}}' t_{\text{в}}'}{(1 + \Theta) C_{\text{г}}'} - \delta t_{\text{г}}, \quad (24)$$

$Q_{\text{тр}}$ – тепловой поток в системе «радиационная труба – кладка – изделие»;

$Q_{\text{ст}}$ – тепловой поток в системе теплообмена «продукты сгорания –

радиационная труба»; $Q_{\text{ст}}^{\text{и}}$ – тепловой поток, переданный газом стенке излучением; $Q_{\text{ст}}^{\text{к}}$ – тепловой поток, переданный газом стенке конвекцией; $C_{\text{пр}}$ – приведенный коэффициент излучения системы; $\Psi_{\text{т.м}}$ – общий угловой коэффициент от радиационной трубы на металл; $F_{\text{т}}^{\text{р}}$ – излучаемая поверхность радиационной трубы; $T_{\text{ст}}$ – средняя температура стенки керамической радиационной трубы; $T_{\text{м}}$ – средняя температура нагреваемого металла; C_0 – коэффициент излучения абсолютно черного тела; $\varepsilon_{\text{т}}$ – степень черноты поверхности радиационной трубы; $\varepsilon_{\text{м}}$ – степень черноты поверхности нагреваемого металла; $\varphi_{\text{т.м}}$ – частный угловой коэффициент от радиационной трубы на металл; $\varphi_{\text{м.т}}$ – частный угловой коэффициент от металла на радиационную трубу; $\varepsilon_{\text{пр}}$ – приведенная степень черноты стенки; $\varepsilon_{\text{ст}}$ – действительная степень черноты стенки радиационной трубы; $\varepsilon_{\text{г}}$ – степень черноты излучаемого газа; $T_{\text{ф}}$ – эффективная температура продуктов горения в радиационной трубе; $\varepsilon_{\text{CO}_2}$ – степень черноты двуокиси углерода; $\varepsilon_{\text{H}_2\text{O}}$ – степень черноты водяного пара; ϕ – поправочный коэффициент на парциальное давление водяного пара; $l_{\text{ф}}$ – эффективная длина пути продуктов горения топлива; d_0 – диаметр газового сопла; $W_{\text{г}}$ – средняя скорость газа в радиационной трубе; ν – коэффициент кинематической вязкости; D – коэффициент молекулярной диффузии; $Q_{\text{н}}^{\text{р}}$ – низшая теплота сгорания топлива; $l_{\text{т}}^{\text{р}}$ – длина радиационной трубы; $d_{\text{т}}^{\text{р}}$ – внутренний диаметр радиационной трубы; W_0 – начальная скорость газа по оси радиационной трубы; $B_{\text{р}}$ – расход топлива в радиационной трубе; $T_{\text{т}}$ – теоретическая температура горения топлива; $T_{\text{г}}$ – температура уходящих из радиационной трубы продуктов сгорания; β' – коэффициент смесеобразования; φ – поправочный коэффициент, принимается в зависимости от калориметрической температуры горения, учитывая влияние эндотермических процессов, снижающих температуру горения вследствие диссоциации продуктов сгорания; $t_{\text{к}}$ – калориметрическая температура горения топлива; $t_{\text{к}}^0$ – калориметрическая температура горения топлива без подогрева воздуха, определяемая при коэффициенте избытка воздуха $\alpha \geq 1$; x_1' – коэффициент приращения

калориметрической температуры горения при нагреве воздуха на $1\text{ }^{\circ}\text{C}$; x'_2 – коэффициент приращения калориметрической температуры горения при нагреве топлива на $1\text{ }^{\circ}\text{C}$; t^*_B – температура воздуха, поступающего к горелочным устройствам печи; α_k – средний коэффициент теплоотдачи конвекцией от газов к поверхности радиационной трубы; V_B – количество воздуха, необходимое для сжигания единицы количества топлива; C'_T, t'_T – средняя объемная теплоемкость и температура топлива; C_T – средняя объемная теплоемкость уходящих из радиационных труб печи газов; R_1 – теплота несгоревшего СО в уходящих газах; R_2 – доля потерь от механической неполноты сгорания; δt_B – снижение температуры воздуха на пути от рекуператора до горелочных устройств печи вследствие потерь теплоты в окружающую среду; C''_B, t''_B – средняя объемная теплоемкость и температура воздуха на выходе из рекуператора; V_T – действительный объем продуктов сгорания; η_B – коэффициент, учитывающий потери воздуха в рекуператоре; C'_B, t'_B – средняя объемная теплоемкость и температура воздуха на входе в рекуператор; K – коэффициент теплопередачи рекуператора; $\varepsilon_{\Delta t}$ – поправочный коэффициент при сложной схеме теплообмена; t'_T, t''_T – температура газов на входе и выходе из рекуператора; A и B – коэффициенты, зависимые от соотношения $(t''_T - t'_B)/(t'_T - t''_B)$; δt_T – снижение температуры газов на пути до рекуператора вследствие потерь тепла в окружающую среду; Θ – коэффициент, учитывающий разбавление уходящих газов воздухом на пути до рекуператора; C'_T, C''_T – средняя объемная теплоемкость газов на входе и на выходе из рекуператора; m – коэффициент, учитывающий выбивание продуктов сгорания из керамической радиационной трубы; η_T – коэффициент, учитывающий тепловые потери через ограждающие стенки рекуперативного устройства в окружающую среду.

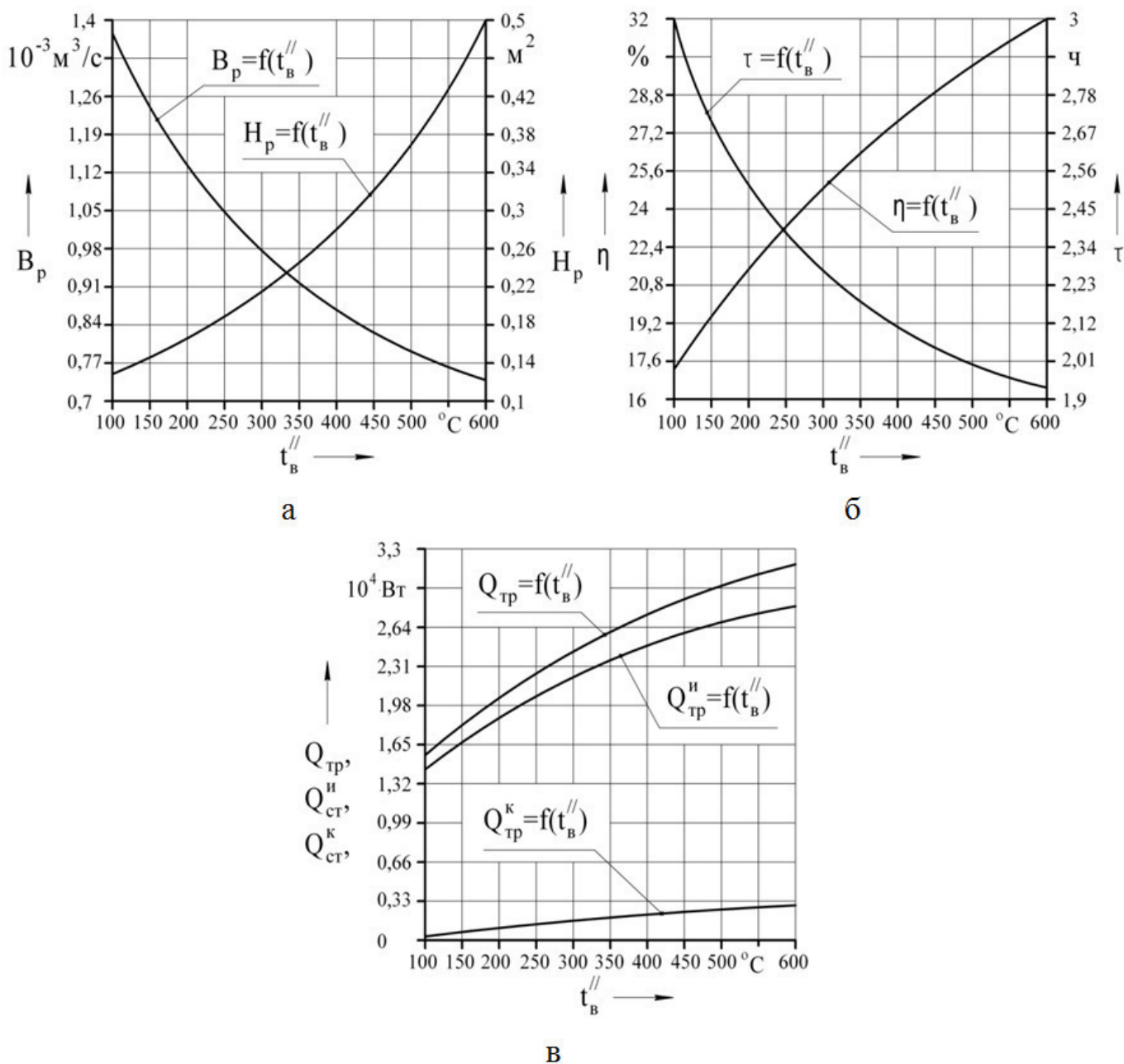


Рис. 4. Зависимости B_p , τ , H_p , η , Q_{tr} , $Q_{ст}^и$, $Q_{ст}^к$ от температуры подогрева воздуха t''_B

Численные исследования влияния температуры подогрева воздуха t''_B , идущего на горение топлива, показали: с повышением t''_B снижаются B_p (рис. 4, а) и время нагрева металла в печи τ (рис. 4, б); увеличиваются H_p (рис. 4, а), термический коэффициент полезного действия печи η (рис. 4, б), тепловые потоки Q_{tr} , $Q_{ст}^и$, $Q_{ст}^к$ (рис. 4, в).

Список литературы

1. Определение оптимальной температуры подогрева воздуха, необходимого для горения топлива в печах с радиационными трубами [Текст] / Е. М. Резанов и [и др.] // Промышленная энергетика. М. – 2011. – № 2. – С. 35 – 38.

УДК 629.4.048: 629.4.046

Ю. И. Матяш, А. Д. Родченко, А. В. Колтышкин

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ В ПОЕЗДАХ ДАЛЬНОГО СЛЕДОВАНИЯ

В статье показывается актуальность совершенствования систем кондиционирования пассажирского вагона. Рассмотрены существующие решения по улучшению систем кондиционирования. На основе проведенного обзора существующих устройств, указаны их недостатки. Обозначена необходимость усовершенствования систем кондиционирования для повышения эксплуатационных показателей подвижного состава и обеспечения требуемых параметров микроклимата в поездах дальнего следования.

В настоящее время в поездах дальнего следования традиционно используется централизованная система кондиционирования воздуха, базирующаяся на рециркуляционной системе вентиляции. Это в свою очередь порождает ряд трудностей в обеспечении современных параметров системы кондиционирования воздуха:

1. Из-за малого объема купе вагона, приходящего на одного пассажира происходит снижение концентрации кислорода в воздушной среде, как за счет естественной жизнедеятельности пассажиров, так и в результате дополнительного газовыделения различных видов продуктов перевозимых пассажирами;

2. Наблюдается микробиологическое и механическое загрязнение воздушной среды в вагоне, вследствие его перемещения по воздуховодам системы вентиляции, так и при появлении в вагоне хотя бы одного нездорового пассажира.

3. При перемещении по воздуховоду, обработанного потока воздуха в

централизованной системе кондиционирования происходит существенное изменение его температурных параметров, особенно в летний период года. Это в значительной степени ухудшает состояние пассажира, страдающего, например, сердечно-сосудистыми заболеваниями.

Анализ литературных данных [1, 2, 3, 4] показал, что ряд из указанных проблем изучены, и были разработаны рекомендации по снижению степени их воздействия на пассажира.

Для улучшения температурных и энергетических показателей рядом компаний были предложены решения по совершенствованию систем кондиционирования воздуха в пассажирских вагонах.

Так, например ОАО «ТВЗ» использует на вагонах с централизованным высоковольтным электроснабжением систему распределенных по купе электронагревателей для индивидуального регулирования с прямым воздействием на температуру подаваемого воздуха [6]. Основным недостатком такой системы является то, что для ее работы необходим дополнительный источник энергии мощностью 15 кВт. Поэтому она может быть использована только в вагонах с централизованным электроснабжением, доля которых в парке эксплуатации незначительна по сравнению с вагонами, оборудованными автономными системами электроснабжения.

ЗАО «БСК» предложило систему индивидуального регулирования температуры воздуха в купе за счет изменения массовой подачи рециркуляционного воздуха. Для этого центральный воздуховод разделяется вдоль вагона перегородкой для прохода отдельно свежего и рециркуляционного воздуха [7]. Недостаток системы заключается в сильной зависимости регулируемой температуры воздуха в купе от внешних условий, невозможность регулирования температуры в сторону ее понижения в летний период года.

В варианте системы индивидуального регулирования температуры, предложенном ЗАО «ЛАНТЕП» используется бросовое тепло конденсаторов УКВ ПВ, располагаемая величина которого в 1,5 – 2 раза превышает величину холодопроизводительности кондиционера. Для этого в воздушном тракте конденсаторного отсека УКВ после теплообменников устанавливаются дополнительные теплообменники воздух – жидкий теплоноситель [8]. Недостатком такой системы кондиционирования воздуха является узкий диапазон регулирования параметров микроклимата в купе из-за зависимости работы установки от внешних погодных условий.

В рассмотренных выше системах кондиционирования воздуха в пассажирских вагонах отсутствует возможность создания отдельных зон с индивидуальным регулированием параметров микроклимата для каждого пассажира в отдельности.

Предлагаемая авторами разработка, представленная на рис. 1, позволяет расширить диапазон регулирования температуры охлаждения в купе пассажирского вагона путем создания отдельных зон с индивидуальным регулированием параметров микроклимата для каждого пассажира в зависимости от его потребностей.

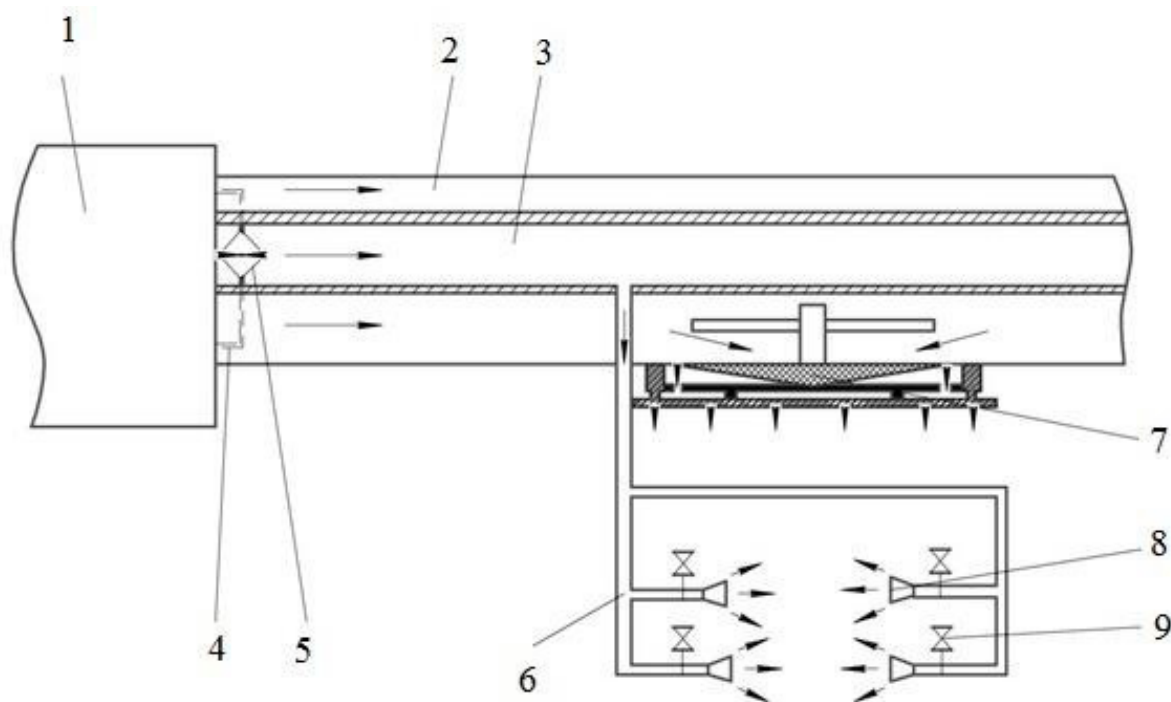


Рис. 1. Система индивидуального регулирования температурным режимом в купе пассажирского вагона

Всасываемый поток наружного воздуха и поток воздуха из рециркуляционного канала, смешиваются и обрабатываются в моноблочном кондиционере 1. Обработанный поток воздуха нагнетается в разные секции воздуховода – основной 2 и дополнительный 3, выполненный коаксиально внутри основного нагнетательного воздуховода. В дополнительном воздуховоде поток воздуха проходит обработку во второй (дополнительной) секции теплообменника 5. Система второй секции включает, помимо теплообменника 5, дополнительный канал 4 с циркулирующим хладагентом.

Поток воздуха, прошедший через две секции теплообменника, имеет

более низкую температуру во внутреннем воздуховоде 3, нежели поток воздуха, прошедший только через первую секцию теплообменника и попадающий в основной воздуховод 2.

В узлах покупейной раздачи поток воздуха подаётся в купе из основного воздуховода 2 через распределительную решетку 7.

Отдельный поток охлажденного воздуха из дополнительного воздуховода 3 попадает в каждое купе через дополнительные воздуховоды 6, имеющие четыре выхода 8 с регуляторами 9, на каждого пассажира купе.

При изменении положения регуляторов в купе регулируется расход воздуха в каждом из четырех подающих устройств. Получаемый воздух имеет более низкую температуру и высокую скорость по сравнению с воздухом, подаваемым из распределительной решетки. Пассажиры могут регулировать количество и скорость подачи воздуха для отвода теплоты от своего организма в зависимости от собственных нужд.

Таким образом, предложенная система кондиционирования воздуха позволяет осуществлять индивидуальное регулирование температуры охлаждения воздуха в купе.

Список литературы

1. Хомутский, Ю. И. Системы кондиционирования в поездах / Ю. И. Хомутский // Мир климата. – 2002. – №71. – С. 5 – 8.

2. Матяш, Ю. И. Системы кондиционирования и водоснабжения пассажирских вагонов: Учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта / Ю. И. Матяш, В. П. Клюка / М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2008. – 286 с.

3. Громов, А. Ю. Совершенствование методов вентиляции пассажирского вагона / А. Ю. Громов // Совершенствование технологии ремонта и тех. обслуживания вагонов: Межвуз. темат. сб. научн. тр. / Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск, 2009. – С. 49 – 55.

4. Семенов, А. П. Перспективные методы очистки воздухопроводов системы вентиляции вагонов в пассажирских поездах / А. П. Семенов // Межвуз. сб. трудов молодых ученых, аспирантов и студентов / Сибирская автомобильно-дорожная академия. – Омск, 2008. – Вып. 5. – Ч. 1. – С. 57 – 61.

6. Хомутский, Ю. И. Современные системы кондиционирования поездов: индивидуальное регулирование температуры воздуха в купе / Ю. И. Хомутский

// Журнал «Мир климата». – 2013. – №77. – С. 216 – 224.

7. Емельянов, А. Л. Системы индивидуального регулирования температуры воздуха в купе пассажирского вагона / А. Л. Емельянов, С. Е. Буравой, Е. С. Платунов // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование». – 2008. – №1

8. Жариков, В. А. Климатические системы пассажирских вагонов / В. А. Жариков // М.: Трансинфо, 2006. – 135 с.

УДК 662.96 : 66.074.32

С. В. Приходько

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ОКСИДОВ АЗОТА

В статье рассмотрены современные технологии предотвращения образования оксидов азота и очистки дымовых газов от оксидов азота, применяемые в России и за рубежом. Оксиды азота – одни из основных загрязнителей атмосферы, образующиеся при сгорании органического топлива. На сегодняшний день в мире существует целый ряд технологий, направленных на снижение выбросов оксидов азота, они постоянно совершенствуются. Параллельно идет разработка новых технологий.

Оксиды азота (NO_x) – собирательный термин, используемый для обозначения соединений оксидов азота, таких как оксид азота NO и диоксид азота NO_2 . Термин NO_x относится к комбинации этих двух газов из-за их легкости взаимного преобразования в присутствии кислорода.

Оксиды азота – одни из основных загрязнителей атмосферы, являющиеся причиной возникновения кислотных дождей и фотохимического смога, а также образования и накопления озона (образуется при расщеплении молекулы NO_2).

Хотя основная часть NO_x образуется в результате естественных природных процессов, значительная их часть обусловлена антропогенными процессами. Наиболее существенными антропогенными источниками образования NO_x являются транспорт (70 %) и промышленность (25 %), при этом значительное количество NO_x образуется при сжигании органического топлива.

Возможны два основных пути образования оксидов азота в процессе

горения органического топлива:

реакция кислорода с азотными соединениями топлива – образование топливных оксидов азота;

реакция кислорода с азотом, содержащимся в воздухе, подаваемом на горение – образование термических оксидов азота.

Соотношение количества образующихся топливных и термических NO_x зависит от вида сжигаемого топлива и условий процесса горения.

Снижение выбросов NO_x , образующихся при сжигании органического топлива, может быть обеспечено путем:

предотвращения образования и выхода оксидов во время горения;

удаления оксидов азота из дымовых газов после горения.

В отличие от серы, уменьшить содержание азота в ископаемом топливе физическими методами практически невозможно, так как молекулы азота являются составной частью органических соединений топлива. Переход на другой вид топлива так же, как правило, не дает значительного эффекта, так как при этом не происходит уменьшения выбросов термических NO_x .

Предотвращение образования NO_x во время сжигания топлива может быть достигнуто применением, так называемых, горелок с низким выходом NO_x , многоступенчатого (поэтапного) сжигания и сжигания топлива в псевдоожиженном слое.

При использовании горелок с низким выходом NO_x сжигание топлива на первом этапе происходит в условиях повышенной концентрации топлива и пониженной концентрации кислорода воздуха. Как следствие, выделяющийся при нагревании атомарный азот реагирует с образованием молекулярного азота N_2 . На втором этапе в топку подается воздух в количестве, достаточном для полного сжигания топлива. Этот способ позволяет значительно понизить концентрацию оксидов азота – до 30 %. Данные горелки могут устанавливаться как на новых, так и на существующих котельных агрегатах, работающих на газе.

В случае многоступенчатого сжигания процесс горения организуется таким образом, что ввод воздуха и топлива в топку происходит на разных уровнях. Обычно топка оборудуется горелками, соотношение подачи топлива и воздуха на которые одинаковое. При поэтапном сжигании соотношение топливо-воздух для отдельных горелок меняется при сохранении общего соотношения для топки в целом. При этом за счет подачи меньшего количества воздуха в область с наибольшей температурой происходит уменьшение

количество образующихся термических оксидов азота. Оставшийся воздух направляется в сравнительно холодную область топки, при этом происходит полное сгорание топлива.

Сжигание в псевдоожиженном слое представляет собой сжигание угля в слое инертного материала, обычно песка, продуваемого потоком воздуха, подаваемым с большой скоростью под слой. В слое располагаются трубы, по которым протекает вода, забирающая выделяющуюся теплоту и обращающая в пар, который далее может быть направлен в паровую турбину.

Движение частиц в псевдоожиженном слое приводит к повышению эффективности теплопередачи, вследствие чего температура в топке такого котла ниже, чем в топке обычного котла.

Сравнительно низкие температуры в этой области (750 – 950 °С) препятствуют образованию термических оксидов азота. Кроме того, при сжигании в псевдоожиженном слое возможно удаление до 80 – 90 % оксидов серы (при добавлении в слой топлива извести).

Котлы данного типа позволяют использовать дешевый уголь низкого или меняющегося качества, при этом контроль процесса горения и выбросов осуществляется в едином элементе. Замена существующих котлов на котлы с кипящим слоем трудноосуществима, и поэтому котлы данного типа могут применяться только при новом строительстве.

Выбросы оксидов азота, образующихся при горении, могут быть уменьшены путем очистки продуктов горения (так же, как и выбросы оксидов серы).

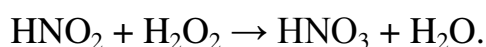
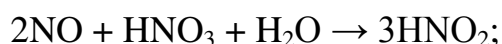
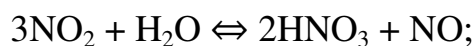
В настоящее время разработаны и нашли практическое применение следующие методы очистки от NO_x: хемосорбция и селективное каталитическое и некаталитическое восстановление (СКВ и СНКВ).

Наиболее широко используемым реагентом для хемосорбции является серная кислота, которая реагирует с оксидами азота с образованием HSO₄NO (нитрозилсерной кислоты), остающейся в жидкой фазе.

NO_x поглощается в жидкой фазе при высоком давлении (0,2 МПа) и низкой температуре (35 °С). Процесс можно обратить вспять при высокой температуре (180 °С) и низком давлении (0,05 МПа). При этих условиях азотированная молекула (теперь азотная кислота из-за присутствия воды) может быть отделена от серной кислоты, которая может быть повторно использована.

Основным недостатком этого процесса является использование агрессивных и вредных химических веществ, а также значительные габариты установки. Поскольку достигаемая эффективность очистки сравнительно невелика, этот метод обычно рекомендуется только при низких значениях выбросов NO_x .

Другим реагентом, применяемым для хемосорбции NO_x , является перекись водорода. Раствор перекиси водорода распыляют в поток дымовых газов при температуре порядка $30 - 80^\circ\text{C}$, при этом протекают следующие реакции:

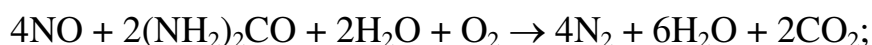
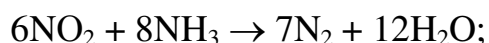


Затем жидкость отделяют от газового потока и образующуюся азотную кислоту нейтрализуют гидроксидом калия. Избыток нитрата калия кристаллизуется, и раствор может быть использован повторно после добавления перекиси водорода.

Данный метод предлагается компанией *USPtechnologies* [1], специализирующейся на разработке технологий очистки от вредных примесей на основе перекиси водорода.

Метод селективного некаталитического восстановления позволяет снизить выбросы оксидов азота путем преобразования их в газообразный азот посредством некаталитической химической реакции.

В установке, работающей по данному методу, в поток дымовых газов впрыскивается аммиак NH_3 или мочевины $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$. Оксиды азота, содержащиеся в дымовых газах, взаимодействуют с впрыскиваемыми реагентами с образованием азота и воды по следующим реакциям:



Для того чтобы это превращение происходило в отсутствие катализатора, процесс должен протекать при температуре порядка $950 - 1000^\circ\text{C}$. Рабочая температура напрямую зависит от используемого восстановителя. Этот метод, как правило, используется в небольших промышленных установках, так как затраты на работу в этом температурном диапазоне значительно

увеличиваются при увеличении мощности установки.

Оборудование СНКВ не требует много места, она проста в установке и эксплуатации. Эта установка также подходит для применения на работающих и строящихся станциях, позволяет снизить выбросы на 50 – 60 %, образование отходов также минимально. Установка СНКВ гораздо дешевле, чем СКВ, но ее недостатком является необходимость поддержания сравнительно высокого уровня температуры процесса для обеспечения требуемого снижения количества NO_x . Установки данного типа достаточно широко применяются в Японии.

Метод селективного каталитического восстановления основан на каталитическом процессе, в котором оксиды азота селективно восстанавливаются в присутствии катализатора, в то время как восстановитель (аммиак или мочевины) окисляется до газообразного азота. Реакция протекает на поверхности катализатора, и требуемая температура процесса находится в диапазоне 250 – 450 °C.

В качестве катализаторов могут использоваться четыре различных материала: оксиды металлов (ванадия, вольфрама, молибдена и хрома) на подложке из диоксида титана (TiO_2); цеолиты; оксиды железа, покрытые тонким слоем фосфата железа; активированный уголь.

Выбор катализатора напрямую влияет на эксплуатационные расходы, поскольку не все из них имеют одинаковые свойства, стоимость и срок службы.

Данная установка может быть установлена как на уже существующих станциях, так и быть предусмотрена при проектировании новых и позволяет достигнуть снижения содержания NO_x на 80 – 90 % при минимальном образовании отходов производства.

Основными недостатками данной системы является высокая ее стоимость; затраты на катализатор могут составлять до 40 – 60 % от общей суммы эксплуатационных затрат, при этом катализатор должен подвергаться замене через каждые два – три года. Подобные системы также нашли широкое применение в Японии.

Таким образом, для котлов малой производительности наиболее эффективным методом сжижения выбросов NO_x считается применение модификаций топki.

Для котлов большой производительности модификация топki также

позволит понизить объемы образующихся выбросов NO_x , но в некоторых случаях этого может быть недостаточно и требуется комбинированное применение как модификаций, так и методов очистки газов. При этом затраты на сооружение и эксплуатацию установок по очистке газов значительно выше, чем на модификацию топки, что является существенным препятствием для их применения.

Существуют различные методы, позволяющие снизить выбросы NO_x при производстве энергии, каждый из которых имеет как свои преимущества, так и ограничения, связанные с затратами, эффективностью очистки, опытом практического применения и объемом образующихся отходов. Таким образом, также как и в случае диоксида серы, выбор метода снижения выбросов оксидов азота должен базироваться на критериях, рассматриваемых индивидуально для каждого конкретного случая.

Список литературы

1. Nitrogen oxides abatement with hydrogen peroxide. USP technologies: [сайт] URL: www.h2o2.com (дата обращения 07.04.2018).

УДК 621.311.243

М. А. Липко, А. Ю. Финиченко

СОЛНЕЧНЫЕ КОЛЛЕКТОРЫ ПРЕИМУЩЕСТВА И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

В статье рассмотрена работа солнечных коллекторов, а так же их схемы для отопления и горячего водоснабжения, их преимущества и недостатки.

Солнечные коллекторы – это специальные теплообменники, на которых энергия солнечного излучения преобразуется в тепловую энергию. Теплоносителем для передачи энергии от солнечного коллектора может служить незамерзающая жидкость, вода или воздух.

Рассмотрим плоский солнечный коллектор, который расположен на рис. 1.

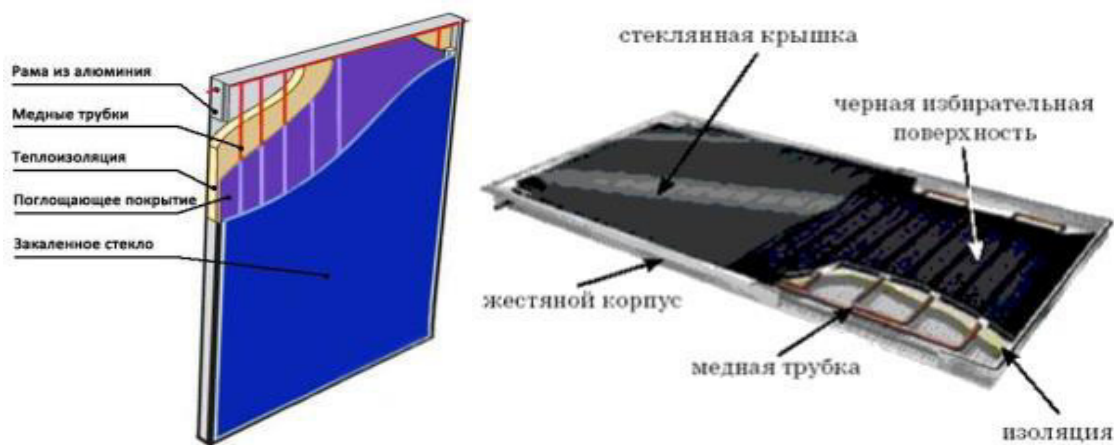


Рис. 1. Плоский солнечный коллектор

Конструктивно коллектор собирается на алюминиевой раме. На дне коллектора размещен теплоизолятор для сохранения поглощенного тепла. Поверх стекловаты расположены медные трубки, припаянные к вышележащему слою абсорбирующего покрытия. Сверху конструкция плотно закрыта закаленным стеклом с высоким коэффициентом пропускания солнечного света.

Верхнее стекло имеет высокую пропускную способность для солнечного света (коэффициент пропускания 95%). Адсорбирующее покрытие под лучами солнца нагревается и начинает излучать тепло. Таким образом, поглощенная энергия не рассеивается в пространстве, а передается медным трубкам, по которым циркулирует теплоноситель. Они характеризуются простотой конструкции и низкой ценой.

Далее рассмотрим вакуумный солнечный коллектор, который расположен на рис. 2.

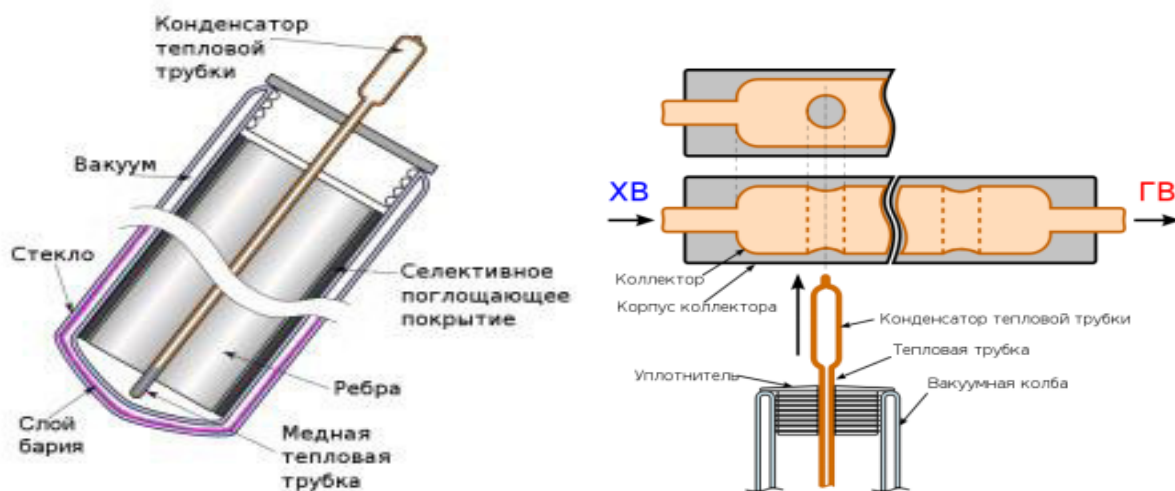


Рис. 2. Вакуумный солнечный коллектор

Имеют наибольшую эффективность. Вакуумная тепловая трубка сделана из прочного боросиликатного стекла. Состоит из двух стеклянных трубок, между которыми создан вакуум для предотвращения теплопотерь. Наружная трубка полностью прозрачная, а на внутреннюю нанесено специальное поглощающее покрытие. Для поддержания высокой степени вакуума в трубке нанесен слой бариевого газопоглотителя. Он показывает исправность трубки и при разгерметизации, слой бария меняет цвет с серебристого на белый. Внутри вакуумной трубки находится запаянная медная трубка, внутри которой – теплоноситель под низким давлением.

При попадании солнечных лучей происходит следующее: абсорбент нагревается и передает тепло по ребрам медной трубки. Жидкость внутри медной трубки закипает, пар поднимается вверх к конденсатору тепловой трубки. В конденсаторе пар отдает энергию холодным стенкам медной трубки, конденсируется, охлаждается и стекает назад в горячую область медной трубки. Стенки трубки конденсатора нагреваются и отдают тепло жидкости протекающей через коллектор. Далее процесс повторяется.

Принцип действия солнечных коллекторов представлен на рис. 3.

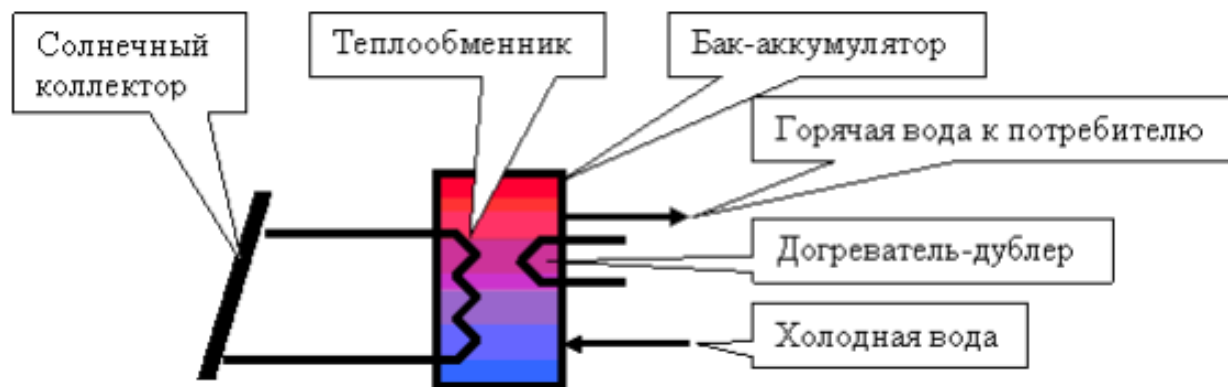


Рис. 3. Схема круглогодичной солнечной водонагревательной установки

Через солнечный коллектор циркулирует теплоноситель, который нагревается в солнечном коллекторе энергией солнца и отдает затем тепловую энергию воде через теплообменник, вмонтированный в бак-аккумулятор. В баке-аккумуляторе хранится горячая вода до момента ее использования, поэтому он должен иметь хорошую теплоизоляцию

В бак-аккумулятор может устанавливаться нагреватель-дублер, который в случае понижения температуры ниже установленной автоматически

включается и согревает воду до заданной температуры.

Рассмотрим схему приготовления горячей воды с использованием солнечного коллектора, которая изображена на рис. 4.

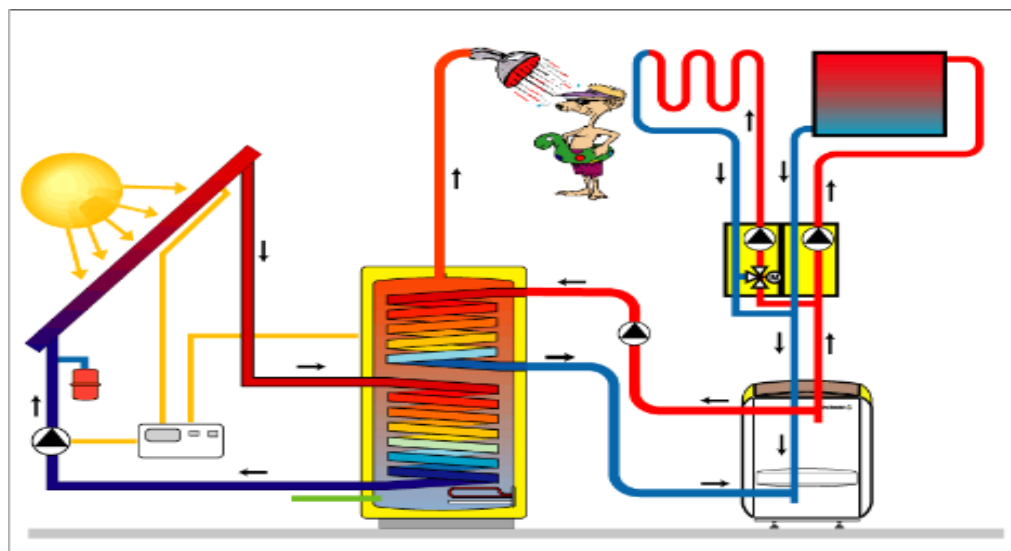


Рис. 4. Схема приготовления горячей воды солнечными коллекторами

Тепло от коллекторов поступает в теплообменник, и подогревает в нем теплоноситель. Далее с помощью насосов холодная жидкость из теплообменника поступает снова в коллектор, и так продолжается по кругу. Эта жидкость дальше идёт в котел, который подогревает ее до нужной температуры и подаёт обратно в теплообменник, с которого уже идёт на ГВС. А отопление осуществляется чисто котлом.

Теперь рассмотрим схему приготовления горячей воды и отопления, которая изображена на рис. 5.

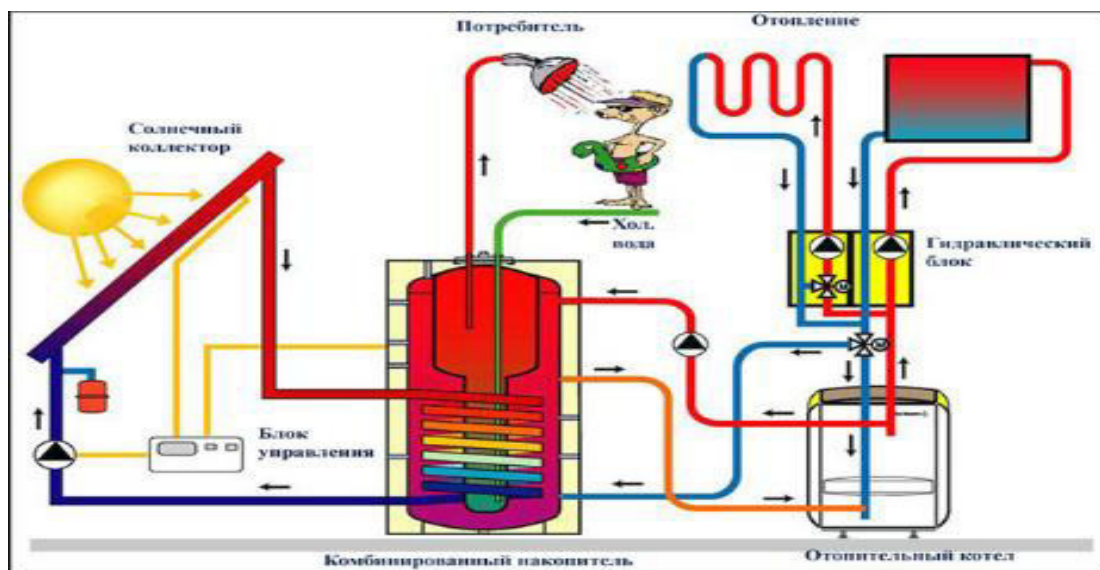


Рис. 5. Схема гелиосистемы для ГВС и отопления

На этом же слайде в качестве теплообменника используется 2 бака, причём один в другом. Здесь тепло от коллекторов ещё идёт и на отопление.

При использовании плоских солнечных коллекторов только для ГВС, за год используется 30 – 45 % излученной солнцем энергии. При применении вакуумных трубчатых коллекторов использование солнечного излучения за год повышается до 40 – 50 %.

В летний период возможно покрыть 100 % потребности в горячей воде.

При проектировании установок поддержки отопления для частного дома обычно исходят из около 10-30 % покрытия годовой потребности в энергии на отопление за счёт солнечных коллекторов.

Рассмотрим плюсы солнечных коллекторов:

им присущ более высокий КПД по сравнению с фотоэлектрическими элементами и ветрогенераторами; усваиваемая с их помощью энергия является абсолютно бесплатной; работа солнечного коллектора полностью безвредна для экологии: используемый ресурс – солнечное тепло – является неисчерпаемым и усваивается напрямую, без сжигания чего-либо и загрязнения окружающей среды.

Теперь рассмотрим минусы солнечных коллекторов:

коллекторы стоят пока сравнительно дорого; из-за переменчивости погодных условий производительность коллектора не стабильна; систему приходится оснащать довольно вместительным баком-накопителем с хорошей теплоизоляцией; в зиму коллектор может завалить снегом, либо покрыть изморозью.

Список литературы

1. Источники и системы теплоснабжения предприятий: учебник / В. М. Лебедев, С. В. Приходько и др.; под ред. В. М. Лебедева. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2013. – 384 с.

2. Тепловые солнечные коллекторы [Электронный ресурс] / URL: https://gelio-krim.ru/solnechnye_kollektory (дата обращения 28.02.2018 г.).

3. Солнечный коллектор [Электронный ресурс] / URL <https://optonimpex.com/a189581-solnechnyj-kollektor-zimoy.html> (дата обращения 28.02.2018 г.).

В. Р. Ведрученко, А. В. Штиб, П. В. Литвинов.

АНАЛИЗ ГОРЕНИЯ ЧАСТИЦ КОКСА И КАПЛИ ЖИДКОГО ТОПЛИВА

Проанализированы физическая модель воспламенения и горения капли жидкого топлива и частицы кокса. Выявлены влияющие факторы на скорость сгорания капли жидкого топлива или частицы кокса.

Горение представляет собой химический процесс горения соединения горючего вещества и окисления, сопровождающийся интенсивным выделением тепла и резким повышением температуры реагирующих веществ.

С точки зрения физической химии процесс горения есть атомарномолекулярный процесс, приводящий к энергетически более выгодному распределению внешних электронов в молекуле окисленного вещества. В результате этого происходит выделение определенного количества энергии.

В качестве реагирующих веществ при горении могут быть применены различные материалы. Однако в современной технике горение практически представляет собой процесс окисления органической части топлива кислородом воздуха.

Воздух, как известно, состоит из смеси различных газов: азот – 78,084 % ; кислород – 20,9476; аргон – 0,934; углекислота – 0,0314 % ; гелий, неон, ксеон, метан, криптон, водород – следы.

Обычно для упрощения расчетов горения состав воздуха принимается сухим. Влияние степени насыщения парами воды на состав воздуха в зависимости от его температуры незначительно: например, при температуре 20°C и относительной влажности $\varphi=60\%$ содержание влаги не превышает 12 г/м³, что составляет 1% по объему во влажном воздухе. При этом состав сухого воздуха, если пренебречь незначительным количеством содержания в нем аргона, углекислоты и других газов, можно принять примерно равным, %: кислород-21 по объему, 23 по массе; азот – 79 по объему, 77 по массе.

Азот воздуха является газом, практически не вступающим в окислительные процессы.

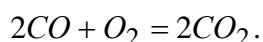
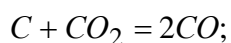
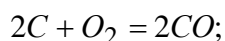
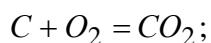
Характерной особенностью горения является быстрота протекания

химических реакций, при которой выделяющееся тепло не успевает рассеиваться. Этим горение отличается от других процессов окисления, например, от естественного окисления при хранении топлива(торфа, угля и пр.) на открытом воздухе.

Объяснение процесса горения как химического процесса соединения горючего вещества с воздухом было дано А. Лавуазье и М. В. Ломоносовым. Однако лишь в XX в. благодаря работам советских и зарубежных ученых Н. Н. Семенова, Д. А. Франк-Каменцкого, Я. Б. Зельдовича, А. С. Предводителя, Г. Ф. Кнорре, С.Н. Хиншелвуда и других был раскрыт механизм реакции горения топлива, их химическая кинетика и была создана достаточно стройная теория горения.

Горение является очень сложным процессом. Протекающие при горении химические реакции всегда сопровождаются рядом сложных физических явлений: перемешиванием топлива в воздуха, диффузией, теплообменом, гидродинамическими и газодинамическими процессами.

Условия горения частицы кокса. Горение частицы кокса (напр., угля) происходит на его поверхности и потому является диффузионным, так как время горения определяется скоростью диффузии кислорода к поверхности кокса через среду продуктов сгорания. Конечным продуктом полного сгорания углерода топлива является двуокись углерода CO_2 , образование которой при горении идет за счет следующих реакций:



Причем первая и вторая реакции называются первичными, а третья и четвертая – вторичными. Интенсивность этих реакций, их последовательность и полнота сгорания CO в CO_2 зависят от скорости обдувания частиц кокса потоком воздуха и температурного уровня процесса [1, 2].

Следовательно, сжигание твердых топлив должно осуществляться при достаточных количествах воздуха и в зоне высоких температур, обеспечивающих высокую полноту выгорания кокса и CO .

Физика горения жидкого топлива. Так как температура кипения жидких топлив ниже температуры их воспламенения, то воспламенению предшествует испарение. Поэтому горение всех жидких топлив происходит в парогазовой

стадии; горючая смесь образуется путем диффузии кислорода в пары топлива. Следовательно, скорость сгорания элементарной дозы топлива зависит от скорости испарения топлива и скорости диффузии окисления к нему.

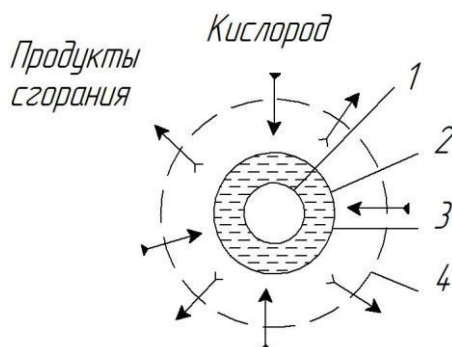


Рис. 1. Схема горения капли жидкого топлива

Рассмотрим схему горения капли жидкого топлива (рис. 1). Жидкая фаза 1 окружена оболочкой из паров топлива 2, на внешней границе которой создается горючая смесь за счет диффузии кислорода через область продуктов сгорания 4 и возникает фронт пламени 3. Воспламенению предшествует прогрев капли до температуры испарения, интенсивность которого зависит от температуры окружающей среды.

Скорость химической реакции окисления во фронте пламени очень высока, в то время как диффузия кислорода затруднена, так как область 4 забалластирована продуктами сгорания. В этом случае горение капли следует отнести к диффузионному [1].

Математическая модель. Из уравнения баланса теплоты время выгорания капли определяется скоростью расходования жидкой фазы (формула Срезневского):

$$\tau = \frac{\rho[(T_k - T_0)c_{ж} + r_{ж}]}{2\lambda_c(T_c - T_k)} \cdot R_0^2, \quad (1)$$

где ρ – плотность жидкого топлива, кг/м³;

T_k и T_0 – соответственно температура кипения и начальная температура жидкого топлива, К;

$C_{ж}$ – теплоемкость топлива, кДж/(кг К);

R_0 – начальный радиус капли, м;

$r_{ж}$; –теплота парообразования топлива, кДж/кг;

λ_c – коэффициент теплопроводности газовой среды, кВт/(м град);

T_c – температура окружающей горячей среды, К.

Заключение. Формула (1) подсказывает пути интенсификации процесса сгорания жидкого топлива. Очевидно, что время горения будет тем меньше, чем выше будут температура окружающей среды и начальная температура топлива. Однако в наибольшей степени время сгорания зависит от начального радиуса капли, так как τ пропорционально R_0^2 . В связи с этим, в двигателях внутреннего сгорания (дизелях), котлах, газовых турбинах и т.д. стремятся к возможно более тонкому распылу топлива при подаче в камеру сгорания [1,2]. Тонкий распыл достигается применением специальных устройств – форсунок, работающих по принципу механического распыливания, или с помощью распыливающей среды (пара или воздуха).

В любом случае тонкость распыла зависит от вязкости топлива, в связи с чем топлива с большой вязкостью, например мазуты, перед подачей к форсунке подогревают, до температуры, обеспечивающей вязкость топлива позволяющего прокачивать топливо по топливопроводам и обеспечивать необходимую дисперсность распыления топлива форсункой.

Список литературы

1. Ведрученко, В. Р. Топливо и основы теории горения: монография / В. Р. Ведрученко, В. В. Крайнов / Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск, 2010. – 261 с.
2. Ведрученко, В. Р. Альтернативные виды топлива для судовых дизелей / В. Р. Ведрученко, И. И. Малахов / Новосибирская гос. академия водного транспорта (Омский филиал). – Омск, 2012. – 172 с.

УДК 697.34

М. А. Кузнецова, А. П. Стариков

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В статье произведена оценка эффективности работы индивидуальных тепловых пунктов на примере студенческого городка «Омского государственного университета путей сообщения». Для оценки эффективности работы индивидуальных тепловых пунктов

выполнен корреляционный анализ между среднемесячной температурой и количеством теплоты, потребленной по приборам учета по рассматриваемым объектам теплоснабжения.

Повышение эффективности потребления ресурсов в системах теплоснабжения на современном этапе связано с внедрением и оптимальной работой индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) [1,2]. Основным назначением ИТП является перераспределение энергии, поступающей из сети (центральный тепловой пункт или котельная) между системами вентиляции, горячего водоснабжения (ГВС) и отопления, в соответствии с потребностями здания.

Структура ИТП зависит от того, какие системы потребления он обслуживает. В состав ИТП входят следующие устройства:

- арматура запорного и регулирующего действия;
- приборы для контроля и измерения параметров;
- теплообменники для передачи тепловой энергии;
- насосное оборудование;
- щиты управления и контроллеры.

Схема теплового пункта отопления, построенная с использованием пластинчатого теплообменника, является независимой. Для поддержания давления на требуемом уровне устанавливаются насосы. Работа ИТП на приготовление горячей воды подразумевает включение в схему пластинчатых теплообменников, работающих только на нагрузку по ГВС. Перепады давления в этом случае компенсируются отдельной группой насосов.

В случае организации систем для отопления и ГВС пластинчатые теплообменники отопления работают вместе с двухступенчатым контуром ГВС, причем подпитка системы отопления осуществляется от обратного трубопровода теплосети посредством соответствующих насосов. Сеть холодного водоснабжения является подпитывающим источником для системы ГВС.

Оценку эффективности работы индивидуальных тепловых пунктов рассмотрим на примере студенческого городка «Омского государственного университета путей сообщения» (ОмГУПС). На рис. 1 представлена схема корпусов ОмГУПС. Здания учебных корпусов и общежития оснащены индивидуальными тепловыми пунктами с автоматическим управлением системой теплоснабжения.

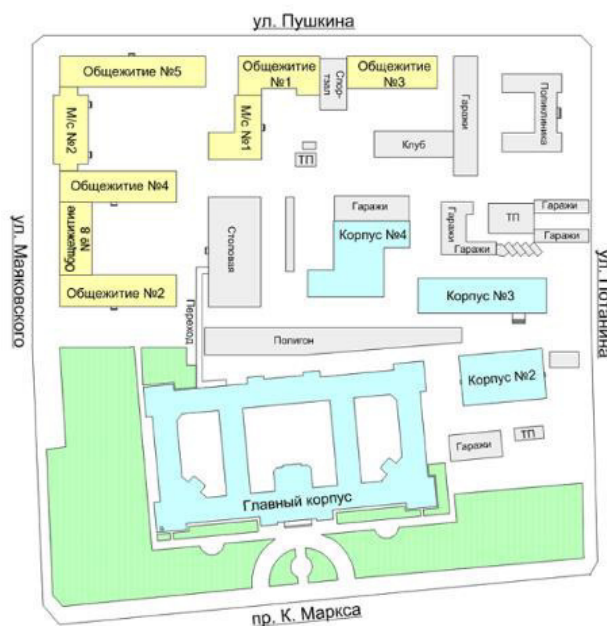
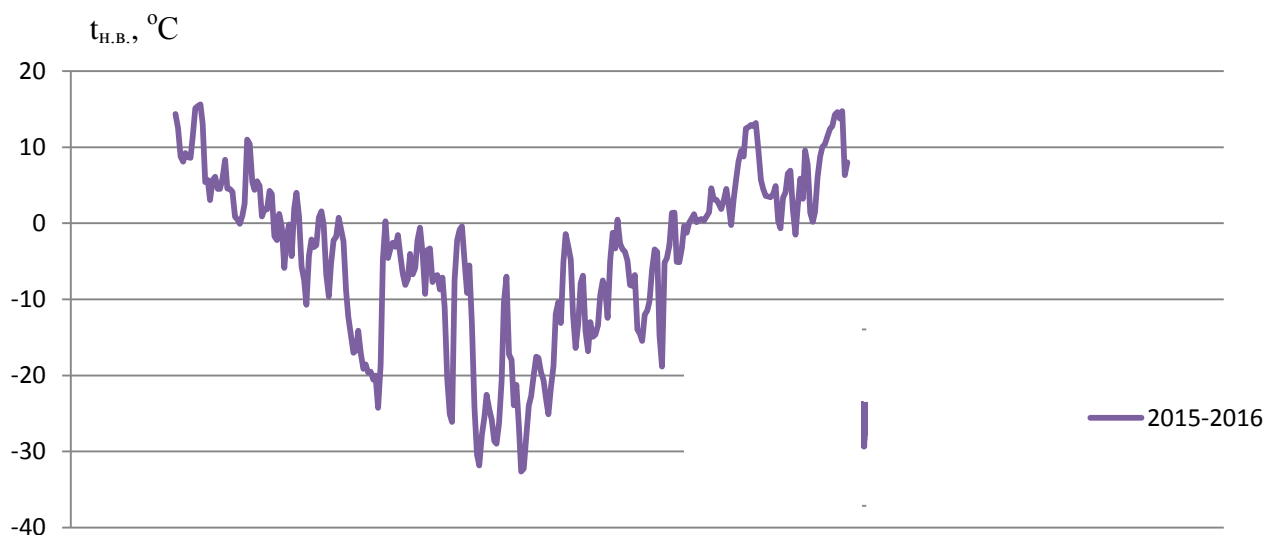


Рис. 1. Схема корпусов ОмГУПС

Студенческий городок состоит из: 4 учебных корпусов, 6 общежитий, 2 общежитий малосемейного типа, спортивного зала, КДЦ, комбината питания, гаражей.

Статистические данные температуры окружающего воздуха за рассматриваемый период и показания приборов учета потребления тепловой энергии на нужды отопления и горячего водоснабжения за 2015 – 2016 г. в виде графиков приведены на рис. 2.



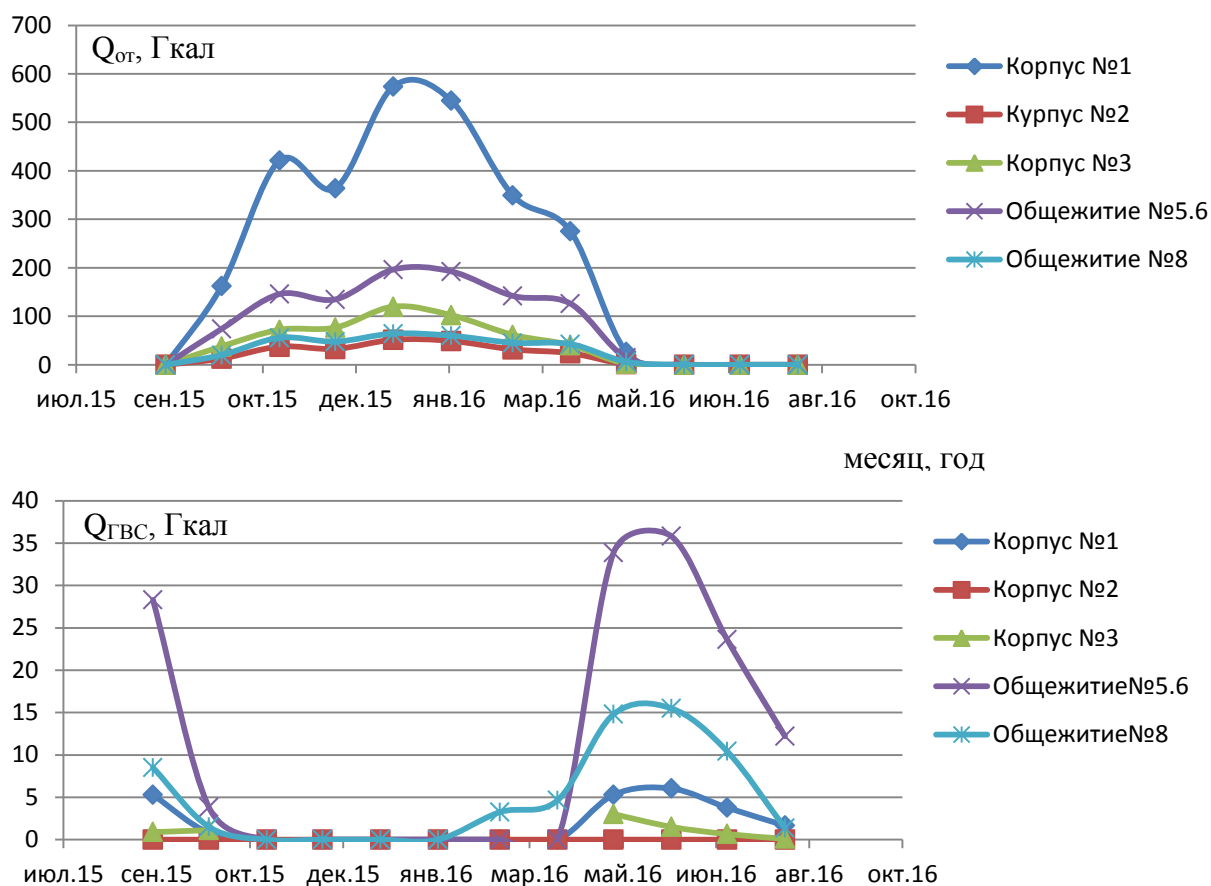


Рис. 2. Потребление тепловой энергии на нужды отопления и горячего водоснабжения объектами ОмГУПС за 2015 – 2016 г.

Был проведен анализ аналогичных данных по отопительным периодам других годов с представлением результатов в подобной форме.

Для оценки эффективности работы индивидуальных тепловых пунктов был рассчитан коэффициент корреляции между среднемесячной температурой и количеством теплоты, потребленной по приборам учета по рассматриваемым объектам теплоснабжения университетского комплекса.

$$r_{xy} = \frac{\sum_I^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_I^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot (y_i - \bar{y})^2}},$$

где x – массив данных среднемесячной температуры ($t_{ср}$, °C);

y – массив данных потребления количества теплоты (Q , Гкал).

Значение коэффициента корреляции r_{xy} приведены в табл. 1.

Таблица 1

Значение коэффициента корреляции

Параметр	Период времени								r_{xy}
	окт. 2015	ноя. 2015	дек. 2015	январ. 2016	фев. 2016	мар. 2016	апр. 2016	май. 2016	
Среднемесячная температура воздуха, °С	0,4	– 10,3	– 8,2	– 23,3	– 9,3	– 5,9	– 5,3	– 6,6	–
Отопительная нагрузка корпуса №1, Гкал	162,6	421,3	364,3	573,7	545,0	349,8	275,4	26,4	-0,87
Отопительная нагрузка корпуса №2, Гкал	12,8	37,5	32,8	51,7	49,4	31,7	24,2	1,3	-0,87
Отопительная нагрузка корпуса №3, Гкал	38,0	72,3	76,8	120,0	102,5	61,9	40,6	2,2	-0,93
Отопительная нагрузка общежитий № 5, 6, Гкал	74,3	145,8	134,9	196,5	192,7	142,2	126,2	14,5	-0,80
Отопительная нагрузка общежития № 8, Гкал	20,3	55,8	47,9	64,5	60,0	45,4	42,7	6,2	-0,81

Знак минус у коэффициента корреляции означает обратную функцию зависимости между количеством теплоты на отопление и среднемесячной температурой (чем ниже температура окружающего воздуха, тем больше затраты на отопление и наоборот).

Высокие значения коэффициента корреляции говорят о высокой взаимосвязи параметров температуры и потребления тепловой энергии и качественно настроенной системе регулирования. Наиболее эффективные параметры регулирования и экономии наблюдались в учебном корпусе №3. Наименьшее значение коэффициента корреляции в общежитии 5, 6, что говорит о резерве экономии тепловой энергии и возможности корректировки программного обеспечения автоматизированной системы.

Проанализировав данные и коэффициент корреляции была установлена статистическая зависимость израсходованного тепла на нужды ГВС от изменения температуры окружающего воздуха (низкие значения коэффициента r_{xy} и его знакопеременный характер). Более значимым фактором по расходу горячей воды можно рассмотреть, например количество студентов в общежитиях в период учебы и каникулов, для корректировки алгоритма работы автоматизированной системы управления.

Отслеживая численные значения коэффициента корреляции и его динамику в течение отопительного сезона можно оценивать эффективность работы систем отопления и определять объекты с наибольшим резервом экономии энергоресурсов.

Список литературы

1. Звонорева, Н. Ю. Оценка экономического эффекта для потребителей при установке автоматизированных узлов учета и регулирования тепловой энергии // Ю. Н. Звонорева, Ю. В. Ваньков, С. А. Назарычев / Инженерный вестник Дона. – 2015. – № 4 URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3315/>.

2. Ваньков, Ю. В. Оценка энергетической эффективности и изменения показателей работы системы теплоснабжения с учетом поэтапного внедрения автоматических узлов учета и регулирования тепловой энергии на потребителях / Ю. В. Ваньков, Ю. Н. Звонорева // 21 век: фундаментальная наука и технологии: Материалы VII международной научно-практической конференции / CreateSpace. North Charleston. – USA. – 2015. – С. 131 – 133.

УДК 629.12-8(075.3)

А. В. Штиб, В. Р. Ведрученко

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ ДИЗЕЛЬ-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Статья содержит технические решения и рекомендации по переходу с одного вида топлива на другой. Снижение затрат на топливо может быть осуществлено путем использования тяжелых сортов и путем поддержания оптимальных режимов работы дизельных двигателей. В целях достижения оптимальной экономичности в процессе проектирования обязательно осуществляется максимальная стандартизация, то есть подбор материалов, механизмов, устройств, систем и т.д.

Одним из основных требований, предъявляемых к дизельной энергетической установке, является требование быть экономичной, то есть строительная и эксплуатационные затраты на нее должны быть оптимальными.

В целях достижения оптимальной экономичности в процессе проектирования обязательно осуществляется максимальная стандартизация, то есть подбор материалов, механизмов, устройств, систем и т.д.

К показателям экономичности относятся показатели тепловой и экономической эффективности дизельных энергетических установок.

Показатели тепловой экономичности характеризуют эффективность использования в установке теплоты сожженного топлива. К абсолютным

показателям тепловой экономичности могут быть отнесены расходы теплоты и топлива на энергетическую установку. Основными относительными показателями тепловой и экономичности ДЭУ являются удельный расход теплоты и топлива, КПД энергетической установки [1].

Показатели тепловой экономичности установки изменяются в зависимости от режима ее работы, то есть от мощности.

Абсолютные показатели имеют более сложную зависимость. Высокая экономичность обычно достигается при нагрузках в пределах от 80 до 100 % номинальной мощности дизельных двигателей. При работе с недогрузкой или перегрузкой экономичность установки падает.

Экономическая эффективность, являющаяся в большинстве случаев критерием оптимальности технических решений, оценивается обычно по эффективности капитальных вложений, связанных с реализацией этих решений. Эффективность капитальных вложений определяется сопоставлением затрат и полученного эффекта, причем эффект в зависимости от назначения и характера объектов может изменяться в различных единицах.

В сумме эксплуатационных затрат стоимость топлива, смазочных материалов и содержания машинной команды составляет в среднем 35-40 %. Снижение затрат на топливо может быть осуществлено путем использования тяжелых сортов и путем поддержания оптимальных режимов работы дизельных двигателей.

Технические решения и рекомендации

При переходе с одного вида топлива на другой изменение мощности дизеля при работе по внешней характеристике достигает 15 – 25 %. Для стабилизации характеристик применяют автоматические вязкостные корректоры, обеспечивающие постоянство массовой цикловой подачи топлива при переходе с дизельного топлива на бензин, керосин или их смеси. Коррекция осуществляется за счет перемещения упора рейки топливного насоса.

Применение вязкостных корректоров основано на существовании корреляционной зависимости плотности топлива от вязкости [2]. Топливо последовательно пропускается через два дросселирующие элемента, имеющих различные гидравлические характеристики. Давление в полости между дросселями изменяется в зависимости от вязкости протекающего топлива и преобразуется в усилие, перемещающее упор рейки.

На рис. 1. представлена принципиальная схема вязкостного корректора конструкции ЦНИТА [2]. Для стабилизации характеристик при изменении давления в топливной системе на входе в корректор установлен клапан постоянного перепада 1. В качестве элемента, чувствительного к изменению вязкости, используется дроссель в виде концентрической щели, в которой обеспечивается ламинарный режим течения топлива. В другой дросселирующем элементе, выполненном в виде отверстия в тонкой пластинке: 7 с регулирующей иглой, обеспечивается турбулентный режим течения в области автомодельности.

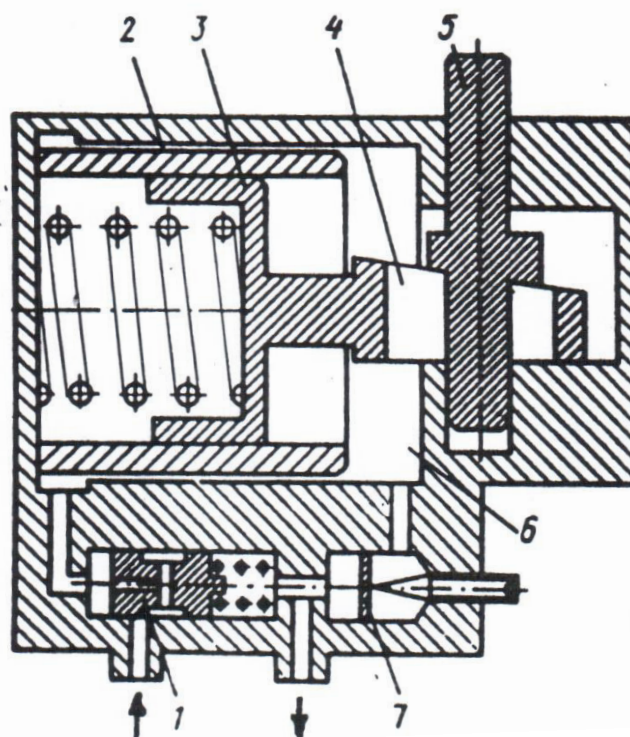


Рис. 1. Схема вязкостного корректора ЦНИТА: 1 – клапан; 2 – концентрическая щель; 3 – поршень; 4 – клиновой механизм; 5 – регулятор упора рейки; 6 – междроссельная полость; 7 – отверстие с иглой

Изменение давления топлива в междроссельной полости 6 вызывает перемещение поршня 3, связанного с клиновым механизмом 4 и узлом регулирования упора рейки топливного насоса 5. Давление топлива в междроссельной полости над поршнем уравнивается усилием пружины.

Топливо для корректора отбирается из системы подачи топлива после фильтра, тонкой очистки и проходит последовательно через клапан постоянного перепада, концентрическую щель, междроссельную полость, дроссель с регулирующей иглой и далее сливается в бак.

При переходе на менее вязкое топливо (или при повышении температуры топлива) давление в междроссельной полости возрастает, поршень, сжимая пружину, перемещает клиновой механизм и упор рейки топливного насоса в положение увеличенной цикловой подачи соответственно с изменением вязкости.

Повышать стабильность топливных смесей можно следующими способами: использовать смеси оптимального компонентного состава; деасфальтизировать исходное вязкое топливо; использовать стабилизирующие высокоароматизированные присадки; использовать высокоэффективные смесители.

Для судовых условий наиболее приемлемое решение – установка высокоэффективных смесителей [3]. Выяснено, что лучший способ повышения стабильности топливных смесей – готовить их при протекании кавитации. В условиях эксплуатации просто и эффективно создать кавитацию топлива при смешении можно с помощью ультразвукового гидродинамического диспергатора-смесителя.

Выбор типа ультразвукового смесителя в первую очередь связан с выбором места приготовления смеси: на судне или на бункеровочной базе. Приготовление топливной смеси на бункеровочной базе упрощает снабжение судов топливом и снижает объем работ по дооборудованию. В остальном преимущества на стороне приготовления смесей непосредственно на судне. При этом в первую очередь значительно ниже требования к стабильности смесей, так как резко сокращается время между приготовлением смеси и ее использованием. Во-вторых, приготовление смеси на борту позволяет заметно повышать долю тяжелого топлива в составе смеси. Это связано с тем, что на судах обычно главные двигатели среднеоборотные, а вспомогательные — высокооборотные, и для них требуется более качественное топливо. Поэтому для главных двигателей можно готовить смесь с более высоким содержанием тяжелого топлива (на 10 – 30 %), чем для вспомогательных. В-третьих, при приготовлении смеси непосредственно на судне можно легко обеспечить работу дизелей на оптимальном для всех условий эксплуатации составе смеси [4].

Одним из самых перспективных и экологически чистых альтернативных топлив для дизелей является диметиловый эфир (ДМЭ) [5].

Наиболее сложной задачей при использовании ДМЭ и других маловязких топлив в дизелях является организация процесса топливоподачи таким образом,

чтобы сохранялись проектные характеристики дизеля. В этом направлении использование смесей ДМЭ и стандартного дизельного топлива является перспективным направлением [5].

Процесс подачи ДМЭ и образование смесевое топлива осуществляется следующим образом: ДМЭ из бака подается к двигателю под давлением 1,0 – 1,5 МПа, создаваемым сжатым азотом (рис. 2). Наддув баллона с ДМЭ азотом позволяет сохранить избыточное давление приблизительно на одном уровне в процессе потребления ДМЭ, исключить вероятность образования паровых пробок и прекращения работы дизеля.

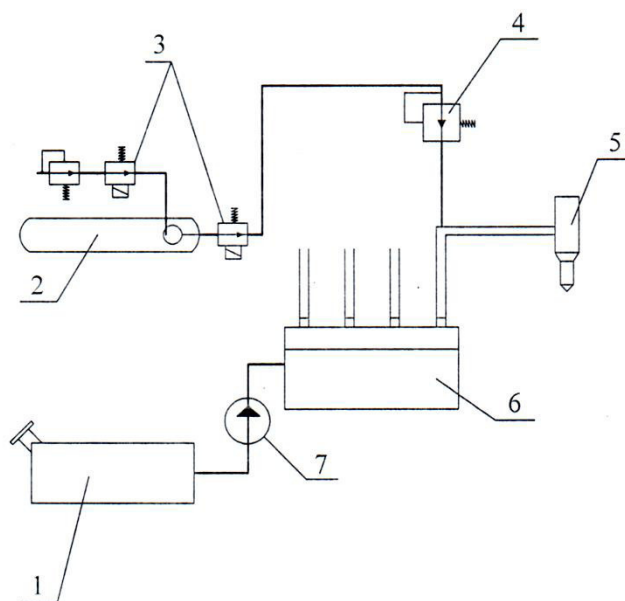


Рис. 2. Система смешения и подачи в дизельном двигателе дизельного топлива и диметилового эфира [1]: 1 – бак дизельного топлива; 2 – баллон с ДМЭ; 3 – клапаны электромагнитные; 4 – клапан импульсной подпитки; 5 – форсунка дизельная; 6 – топливный насос высокого давления (ТНВД) для дизельного топлива; 7 – насос топливоподкачивающий дизельного топлива

Кроме этого, безнасосная схема подачи ДМЭ соответствует требованиям взрыво- и пожаробезопасности, т.к. при температуре ниже – 25°C давление насыщенных паров эфира становится ниже атмосферного, что не исключает вероятность попадания атмосферного воздуха внутрь баллона.

В разработанной системе топливоподачи ДМЭ, пройдя через электромагнитный клапан отсечки подачи, поступает к топливной рампе и к клапанам импульсной подпитки (КИП). Смешение ДМЭ с дизельным топливом (ДТ) осуществляется в КИП, через которые происходит многократное всасывание ДМЭ в трубопроводы высокого давления после закрытия иглы

форсунки в условиях затухающего волнового процесса изменения давления топлива в трубопроводе. Схема подачи ДМЭ в линию высокого давления с помощью КИП, была предложена и апробирована для широкого круга задач (в том числе для подачи сжиженных газов) профессором РУДН Патрахальцевым Н.Н. [4, 5]. Им же введено понятие и отработана технология топливоподачи газового двигателя с внутренним смесеобразованием. Именно с использованием клапанов импульсной подпитки в лабораториях РУДН, МГТУ, АлтГТУ удавалось подавать в линию высокого давления различные топлива, включая сжиженный газ, вязкие суспензии, водород и т. д. Эта схема требует внесения изменений в конструкцию нагнетательного клапана, оптимизаций расположения КИП, его параметров, а также параметров всей ТПА.

Включение в топливоподающую систему клапана импульсной подачи позволяет демпфировать волновой процесс в нагнетательном трубопроводе (уменьшать амплитуду колебаний давления перед форсункой $P_{\text{форс}}$).

1. Опытная эксплуатация и проведенные эксперименты показали [4,5], что весовая производительность топливной системы дизеля на ДМЭ других легких топливах по сравнению с производительностью на дизельном топливе уменьшается в среднем до 50%.

2. Для сохранения постоянной номинальной мощности серийного дизеля на топливах малой вязкости необходимо увеличить производительность топливного насоса высокого давления [4,5] за счет его перерегулировки (увеличения угла опережения впрыска, снижения усилия затяга пружины форсунки, если имеется запас по активному ходу плунжера) или путем замены серийных плунжерных пар парами большего диаметра.

3. При использовании в дизелях смесей легких и тяжелых топлив целесообразно применение эффективных схем смешения и устройств, корректирующих вязкость, плотность и сжимаемость топлива, с целью приближения названных параметров топлива к таковым для топлива по ГОСТ 305-82.

Список литературы

1. Ведрученко, В. Р. Альтернативные виды топлива для судовых дизелей: монография [Текст] / В. Р. Ведрученко, И. И. Малахов. – Омск: Омский институт водного транспорта (филиал) НГАВТ, 2012. – 173 с.

2. Свиридов, Ю. Б. Топливо и топливоподача автотракторных дизелей [Текст] / Ю. Б. Свиридов, Л. В. Малявинский, М. М. Вихерт. – Л.: Машиностроение, 1979. – 248 с.

3. Топлива и топливные системы судовых дизелей [Текст] / Ю. А. Пахомов, Ю. П. Коробков и др. – М.: ТрансЛит, 2007. – 496 с.

4. Селиверстов, В. М. Экономия топлива на речном флоте [Текст] / В. М. Селиверстов, М. И. Браславский. – М.: Транспорт, 1983. – 231 с.

5. Работа дизелей на нетрадиционных топливах [Текст] / В. А. Марков, А. И. Гайворонский и др. – М.: Изд-во «Легион-Авто дата», 2008. – 464 с.

УДК 620.9

В. А. Кузнецов, В. М. Лебедев

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННО – ОТОПИТЕЛЬНОЙ КОТЕЛЬНОЙ ОМСКОГО КОМБИНАТА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПУТЕМ РЕКОНСТРУКЦИИ ЕЕ В ТЭЦ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

В данной статье затрагиваются вопросы о повышении энергетической эффективности промышленно – отопительной котельной. Представлена тепловая схема после реконструкции производственно – отопительной котельной в ТЭЦ малой мощности.

В настоящее время действующие законы, принятые концепции, программы, разработки в области энергосбережения, повышение эффективности использования топлива в промышленной теплоэнергетике являются обязательным элементом реформирования и совершенствования системы управления тепловой энергетикой на региональном уровне, в том числе с учетом новых энергетических технологий. В связи с этим, в регионах проводится энергетическое обследование котельных установок в соответствии с Федеральным Законом «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 N 261 – ФЗ, целью которого является создание правовых, экономических и организационных основ стимулирования энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Объектом энергетического обследования явилась промышленно –

отопительная котельная (ПОК) Омского комбината строительных конструкций («ОКСК»). Данная ПОК располагает следующими котлами: два котла марки ДЕ 25 – 14, один котел ДКВР 20 – 14, и ДКВР 10 – 13 в количестве трех штук. Все котлы работают на газообразном топливе, в качестве резервного топлива предусмотрен мазут марки М - 100. Итого полная тепловая мощность 66 Гкал/ч.

При энергетическом обследовании ПОК «ОКСК» были выявлены следующие факторы, приводящие к неэффективному использованию тепловой энергии и понижению общего КПД всей котельной. Можно выделить следующие моменты.

1. Так как котельная производит, в отличие от ТЭЦ, только тепловую энергию, ее стоимость высока и не соответствует современным требованиям.

С целью повышения эффективности использования оборудования предлагается перевод «ОКСК» на комбинированный способ производства энергии с установкой турбин малой мощности Калужского турбинного завода (КТЗ) типа ТГ 0,75 А / 0,4 Р 13/2. По предварительным расчетам выработка электроэнергии за год может составить 6444 тыс. кВт•ч, что позволяет покрыть собственные нужды котельной. Срок окупаемости электроэнергии с учетом отпускного тарифа на электроэнергию, составляющего для предприятий – 3,5 руб./кВт•ч, составляет 11 лет.

Тепловая схема после реконструкции производственно – отопительной котельной ТЭЦ малой мощности представлена на рис. 1.

После реконструкции производственно – отопительной котельной в ТЭЦ малой мощности происходит изменения в тепловой схеме. В тепловую схему добавляется новое оборудование и связующие узлы, а именно паровая противодавленческая турбина типа ТГ 0,75А/0,4 Р13/2. Главным изменением является перераспределение пара. После реконструкции через редукционную установку проходит не весь объем пара, а только часть пара, а остальная параллельно проходит через противодавленческую турбину типа ТГ 0,75А/0,4 Р13/2. Пар в турбине, оставив часть потенциальной энергии на выработку электроэнергии, и понизив собственное давление на выхлопе из турбины до нормативного, поступает в главный паропровод, где уже и распределяется с основным объемом пара на технологические и собственные нужды.

Также в схеме предусмотрено и делается возможным полное отключение паровой турбины от общей магистрали пара, в случае вывода ее на ремонт или не запланированной остановки. Расход пара на собственные нужды

осуществляется через редукционное устройство. Проектная работа предусматривает параллельную работу турбины с редукционной установкой.

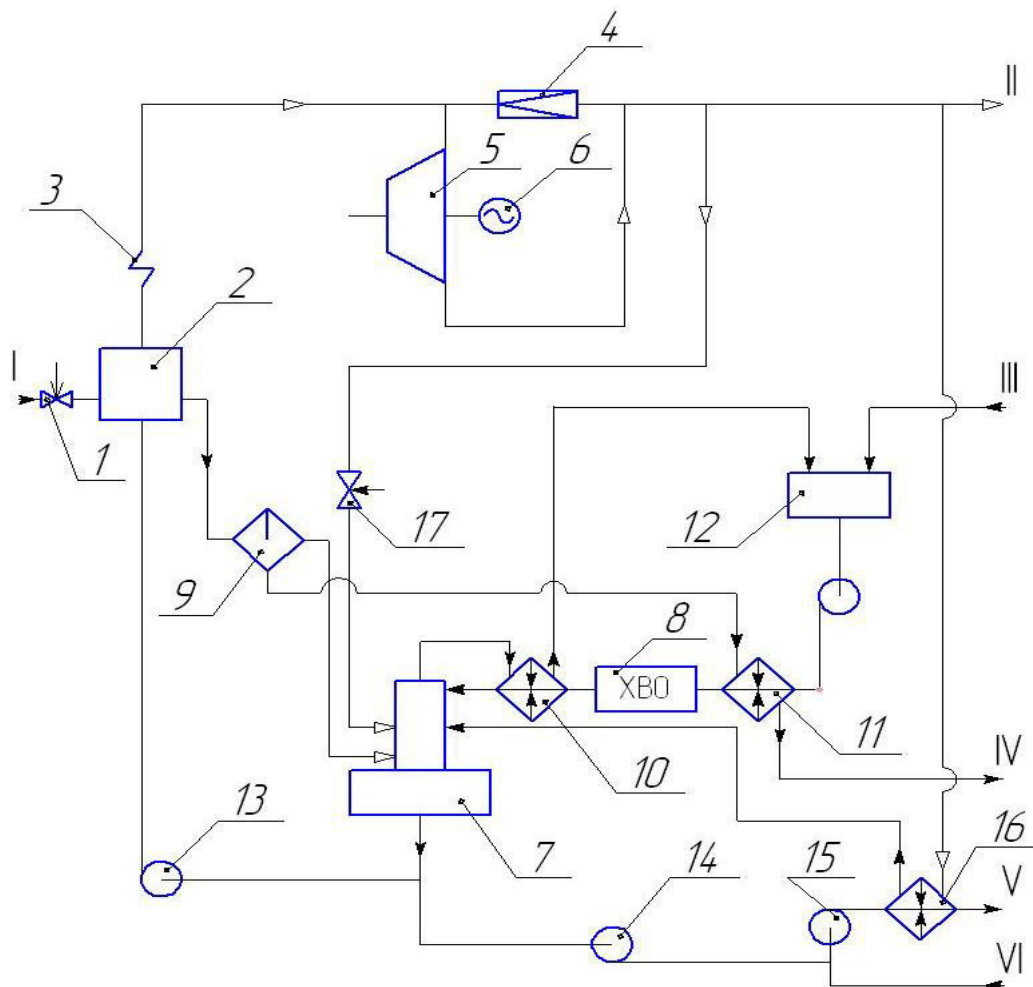


Рис. 1. Тепловая схема после реконструкции: Принципиальная тепловая схема котельной: 1 – дросселирующий клапан газораспределительного пункта; 2 – паровой котел; 3 – пароперегреватель; 4 – редукционное устройство РУ – 1,4/0,12 – 0,2 ; 5 – паровая противодавленческая турбина типа ТГ 0,75А/0,4 Р13/2; 6 – электрогенератор; 7 – атмосферный деаэратор; 8 – химводооистка; 9 – сепаратор непрерывной продувки; 10 – охладитель выпара из деаэратора; 11 – охладитель продувочной воды; 12 – конденсатный бак; 13 – питательный насос; 14 – подпиточный насос; 16 – подогреватель сетевой воды; 17 – регулирующий клапан; I – топливо (газ или мазут); II – пар на производство; III– конденсат с производства; IV– продувочный колодец; V и VI – прямая и обратная сетевая вода

2. Подпитка тепловой сети производится не деаэрированной химочищенной водой, а непосредственно холодной с центрального водопровода (которая имеет повышенную жесткость и большое количество растворенного кислорода). Это приводит в дальнейшем к накипеобразованию в бойлерах. Накипь вызывает повышенное сопротивление прохождению воды,

увеличивая расход электроэнергии на насосы, ухудшает систему отопления. Для обеспечения надежной, работы системы теплоснабжения необходима качественная подготовка подпиточной воды.

3. Не установлен расширитель непрерывной продувки РП-0,18-0,45 и соответственно тепло продувки не используется

4. Состояние обмуровки не удовлетворяет требуемым значениям на обоих колах ДЕ 25 – 14 (в легкой обмуровке) местами температура достигает 120 – 130⁰С. Рекомендуемая наружная температура обмуровки современных котлов не должна превышать температуру окружающего воздуха на 10 – 15 °С. Также большая часть паропроводов не изолирована должным образом. В связи с возрастанием стоимости топлива необходимо оценить целесообразность улучшения теплоизоляции котлов, водоподогревателей, трубопроводов для уменьшения потерь в системах генерирования и распределения теплоты.

5. Применение частотного привода для регулирования скорости вращения насосов, вентиляторов и дымососов. Регулирование тягодутьевых устройств ведется не с помощью регулировки оборотов электродвигателей, а закрытию и открытию шиберов, что тоже ведет к большому перерасходу электроэнергии.

6. Не контролируется должным образом температура уходящих газов, что имеет место на снижении КПД агрегата за счет высокотемпературных выбросов в атмосферу.

7. Котлы не проходят экспресс – наладку, что зачастую не выдерживается расчетный коэффициент избытка воздуха, приводящий к недожогам топлива и уменьшению КПД котла.

Необходима установка газоанализаторов для контроля топочного процесса

8. Природный газ применяется нерационально без использования его потенциала для выработки электроэнергии в газотурбинных установках, что может повысить эффективность использования топлива до 15 %.

В результате выше изложенного, можно сделать следующие выводы:

1. Рациональное использование топливно – энергетических ресурсов, а также охрана окружающей среды – две важнейшие проблемы. Их решение диктуется требованиями современной жизни общества.

2. Необходима полная инвентаризация оборудования с заменой морального и физического износа.

3. Перевод котельной на комбинированный способ производства энергии

- наиболее приоритетный путь повышения энергетического производства.

Список литературы

1. Котельные установки и парогенераторы: учебник / В. М. Лебедев, А. С. Заворин и др. – «Учебно – методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2013. – 376 с.
2. Источники и системы теплоснабжения предприятий учебник / В. М. Лебедев, С.В. Приходько и др.; под ред. В. М. Лебедева. – М.: УМЦ ЖДТ, 2013. – 384 с.

УДК 697.7

Е. А. Рацин, С. А. Балатов

МОДЕРНИЗАЦИЯ ОМСКОЙ ТЭЦ-2 С ПОЛНЫМ ПЕРЕВОДОМ НА ГАЗООБРАЗНОЕ ТОПЛИВО

Статья посвящена исследованию и анализу эффективности реконструкции структурного подразделения «ТЭЦ-2» АО «Омск РТС» по полному переводу на использование газа в качестве основного топлива с уходом от угольной составляющей.

Одной из наиболее важных задач энергетики является теплоснабжение. Россия занимает первое место в мире по масштабам теплоснабжения: объёму производства тепла, развитию теплофикации, протяжённости тепловых сетей, расходу топлива на производство тепла.

Эволюция котлов и отопительных систем шла вместе с развитием человеческой цивилизации. Вместе с развитием отопительной техники расширялся круг используемых в виде топлива источников: сначала дрова, потом – уголь, нефть, мазут, дизельное топливо, природный газ, сжиженный газ, солнечная радиация, атомная энергия и т. д.

Важным вопросом в дальнейшем развитии энергетики является модернизация локальных котельных. Если ее не проводить то, по оценкам специалистов, можно прийти к коллапсу на рынке коммунальных услуг. Во-первых, многие из них скоро просто выйдут из строя. И ни одна эксплуатирующая организация не возьмется за эксплуатацию старого изношенного оборудования. Во-вторых, многие люди будут вынуждены перейти на печное отопление, то есть вернуться на несколько десятилетий назад.

Краткое описание основного и вспомогательного оборудования СП ТЭЦ-2.

СП «ТЭЦ-2» является одним из основных централизованных источников тепловой энергии для потребителей жилого сектора Ленинского, Октябрьского административных округов г. Омска и промышленных потребителей ОАО "РЖД". Год ввода в эксплуатацию станции март 1941 г. Её установленная тепловая мощность 378,0 Гкал/ч. В 1997 – 1999 годах все котлы, кроме котлов ст. № 5 и 6, были переведены на сжигание природного газа.

Характеристики котлоагрегатов сведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики котлоагрегатов СП «ТЭЦ-2»

Тип котлоагрегата	Количество	Паропроизводительность, т/ч	Завод изготовитель котлов	Год ввода в эксплуатацию	Структура сжигаемого топлива
1	2	3	4	5	6
НЗЛ-650	1	65	Невский завод им.Ленина	1941	Газ природный, 100 %
Бабкок-Верке	1	70	«Бабкок-Верке», Германия	1943	Газ природный, 100 %
ФТ-60/34	1	70	Невский завод им. Ленина	1943	Газ природный, 100 %
Бабкок-Вилькокс	1	85	Инофирма по изготовлению котлов	1949	Каменный уголь, 100 %
Бабкок-Вилькокс	1	85	«Бабкок-Вилькокс» завод в Барбертоне, Огайо (США)	1952	Каменный уголь, 100 %
ТП-130	1	110	Красный котельщик, Таганрогский котельный завод	1958	Газ природный, 100 %
БКЗ 75-39 ФБ	2	75	Белгородский котельный завод	1966	Газ природный, 100 %

Основное топливо – природный газ, резервное топливо для котлов, переведенных на газ – кузнецкий каменный уголь, растопочное топливо – мазут.

Природный газ поступает по магистральному газопроводу Комсомольск-Багадинская-Крутинка до ГРС-4. Подача природного газа от ГРС-4 до ТЭЦ-2 ведется по подземному газопроводу 0,6 МПа (6,0 кг/см²).

Резервное топливо (каменный уголь Кузнецкого месторождения марки СССШ) ТЭЦ-2 получает железнодорожным транспортом.

Растопочное топливо – мазут марки ТКМ-16 используется для растопки и подсветки факела при работе котлов на угле. Мазут подается цистернами от ОАО "Газпромнефть-ОНПЗ".

Для подготовки и подачи твердого топлива к котлам на ТЭЦ-2 оборудован угольный склад на 50 тыс.т угля. Формирование штабелей угля и подача его на конвейеры топливоподачи осуществляется тремя дизель-электрическими кранами ДЭК-251. Уголь к бункерам сырого угля котлов подается ленточными питателями по двухниточным транспортерам в два подъема, после предварительного дробления на дробилках. В работе находится одна нитка ленточных конвейеров, вторая остается в резерве.

Мазут к котлам подается от мазутонасосной станции (МНС), оборудованной тремя основными мазутными насосами типа 6НК6х1, двумя перекачивающими мазутными насосами типа 6НК6х1, двумя встроенными в мазутные баки подогревателями мазута и двумя баками хранения мазута по 1000 т каждый.

Котлы имеют твердое шлакоудаление. Удаление золы и шлака от котлов производится через шлаковые бункеры и шлаковые дробилки в канал ГЗУ. Золошлаковая пульпа перекачивается багерными насосами на золоотвал. Кроме четырех багерных насосов (один 16ГРТ, два 10ГРТ, один 8ГРТ) система гидрозолоудаления располагает восемью насосами смывной воды (один К-160 – 30, один 5НДв, один 6НДв, один 6НДс, два ЦНС 180х85, два ЦНС 60х330), насосом уплотнения сальников багерных насосов 4МС1, двумя дренажными насосами 2НФВМ (СДВ 80/18).

Осветленная в чаше золоотвала и в пруде-осветлителе вода возвращается в технологический цикл гидрозолоудаления для повторного использования. Для перекачки осветленной воды может использоваться один из трех насосов осветленной воды 200Д90б.

Анализ предпосылок исключения из топливного баланса угольной составляющей в СП «ТЭЦ-2».

На сегодняшний день существует необходимость исследования и анализа эффективности реконструкции структурного подразделения «ТЭЦ-2» АО «Омск РТС» по полному переводу на использование газа в качестве основного топлива с уходом от угольной составляющей.

На золоотвале ТЭЦ-2 высокий объем заскладированных в накопителях отходов. При среднегодовом выходе золошлаковых материалов – 5600 м^3 (5040 т.) оставшаяся ёмкость обеспечит работу СП «ТЭЦ-2» сроком на 10 лет при работе одного котлоагрегата, и сроком на 5 лет при работе двух котлоагрегатов с выходом золошлаковых материалов – 12000 м^3 (10700 т) в год.

Трасса золошлакопроводов введена в эксплуатацию в 1968 году, на сегодняшний день коммуникации эксплуатируются в течение 49 лет. Количество ниток – 2 (рабочая и резервная). Протяжённость трассы составляет 8,375 км. Трасса золошлакопроводов от СП «ТЭЦ-2» до золоотвала имеет сложную трассировку, пересечения с автомобильными и железной дорогами, проходит через промышленную зону ВРД, мимо частных домов и дачных участков.

Выбросы загрязняющих веществ предприятий теплоэнергетики, обусловленные процессами сгорания органического топлива, являются одним из основных источников загрязнения атмосферы. Основными источниками выделения в атмосферный воздух твердых частиц на ТЭЦ-2 (золы углей, сажа, мазутная зола) являются котлы Бабкок-Вилькокс (ст. №№ 5, 6), сжигающие кузнецкий уголь. Образующиеся при сжигании угля дымовые газы отводятся в окружающую среду после предварительной очистки в газоочистных устройствах.

Основные моменты полного перевода станции на газообразное топливо и экономическая эффективность

На начальных этапах разработки проекта наиболее важным стал вопрос резервного топлива. Было предложено несколько вариантов его решения:

1. Полный отказ от резервного топлива. В рамках законодательства данный вариант невозможен.

2. Перевод структурного подразделения «ТЭЦ-2» на резервное топливо мазут со строительством нового склада мазутохозяйства, с перекладкой мазутопроводов и реконструкцией систем подачи мазута.

3. Замещение тепловой мощности СП «ТЭЦ-2» на СП «ТЭЦ-5».

Сооружение новой магистральной трассы теплоснабжения $2 \times D_u = 700 \text{ мм}$ длиной около 10 км в двухтрубном исполнении.

4. Организация второго ввода газопровода на СП «ТЭЦ-2».

5. Перевод структурного подразделения «ТЭЦ-2» на резервное топливо – мазут. С доставкой его на «ТЭЦ-2» от Кировской районной котельной автотранспортом.

Наиболее перспективным с точки зрения экономической составляющей является вариант № 5. С учетом этого были проанализированы основные мероприятия необходимые для модернизации:

1. Реконструкция эстакады с мазутопроводами на главный корпус.

2. Реконструкция трасс с мазутопроводами в главном корпусе.

3. Переоборудование существующего склада мазута.

4. Реконструкция существующей мазутонасосной.

5. Реконструкция существующего приемносливного устройства мазутохозяйства.

6. Реконструкция существующего приемносливного устройства мазутохозяйства КРК.

7. Приобретение транспортных средств для перевозки мазута от мазутохозяйства КРК до мазутохозяйства СП «ТЭЦ-2».

8. Реконструкция котлов ст. №№ 5 и 6.

9. Реконструкция котлов ст. №№ 2,3,4,7,8 и 9.

10. Реконструкция сетей водоотведения СП «ТЭЦ-2», включая сооружения сетей к очистным сооружениям ХВО и ОСНСС.

11. Реконструкция автомобильных проездов по территории СП «ТЭЦ-2».

В результате модернизации с учетом доставки резервного топлива на СП «ТЭЦ-2» от Кировской районной котельной автотранспортом в части экономических показателей структурного подразделения предварительно ожидается снижение условно-постоянных расходов на 42,0 млн. руб. при увеличении затрат на топливо на 21,71 млн. руб.

Выводы.

Состояние энергетической отрасли в значительной степени определяет конкурентоспособность всей экономики страны, уровень развития общества и качество окружающей среды. Российская энергетика - отрасль инерционная, инвестиции там окупаются долго, а проведение научных исследований для последующей разработки новых технологий - дорогостоящий и длительный процесс. Высокий износ коммунальной инфраструктуры - актуальная проблема

для большинства регионов России. Работы по модернизации котельного оборудования не только позволяют не допустить локального коммунального коллапса, но и априори ведут к повышению энергоэффективности - старое оборудование меняют на новое, обладающее улучшенными характеристиками.

В статье рассмотрен вариант модернизации Омской ТЭЦ-2 с полным переводом ее на газообразное топливо. В результате этого часть старого оборудования может быть заменена на современное новое, улучшены экологические показатели станции, получена положительная экономическая эффективность.

Список литературы

1. Некрасов, А. С. Современное состояние теплоснабжения России / А. С. Некрасов // Проблемы прогнозирования. – 2011. – №1. – С. 32.
2. Модернизация котельных и экономика Томской области // Сантехника, отопление, кондиционирование, 2014. – №7(151). – С. 94 – 95.
3. Ким, С. Л. Обоснования модернизации котельной установки на примере ООО «Нова Энергетические Услуги».
4. ООО «Интертехэнерго» Предварительное «Технико-экономическое обоснование исключения резервного топлива (угля) на СП ТЭЦ-2 АО «Омск РТС» с переводом котлоагрегатов ст. №№ 5, 6 на природный газ», г. Новосибирск, 2018.
5. «Прогноз научно-технологического развития России: 2030. Энергоэффективность и энергосбережение»

УДК 697.7

А. Ю. Финиченко, А. А. Тартачев

ПОДБОР СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Произведен сбор климатических ежедневных данных за годовой период для заданной локации, первичный анализ полученных данных и подробная визуализация положения Солнца в течение года, выбор оптимальных технических параметров системы солнечного коллектора на основе климатических данных для выбранной локации (г. Омск). Приведена методика подбора солнечного коллектора.

Посчитать интенсивность потока солнечного излучения в произвольном месте на поверхности Земли невозможно, но есть данные наблюдений гидрометеослужб во множестве городов нашей планеты, на основании которых можно делать расчёты.

Рассеянное излучение, то есть отражённое от поверхности земли, воды и облаков, не теряется. Солнечный коллектор его так же хорошо воспринимает. Доля рассеянного излучения в суммарном может превышать 50 %, даже в пасмурный день, когда Солнца не видно, коллектор всё равно работоспособен.

Максимальная производительность от солнечного коллектора можно получить, расположив его плоскость перпендикулярно солнечным лучам. Но в течение дня солнце движется по небосклону, и эффективность коллектора изменяется. Меняется положение Солнца и в течение года.

Задача расчёта как раз и состоит в том, чтобы определить оптимальные направление и угол наклона коллектора, чтобы получить от него максимальную эффективность в среднем за период использования.

В данной работе данные принимаются для выбранной локации: Западная Сибирь. Омск (Долгота: 73.37; Широта: 54.99)

Климатические данные получены через API* сервиса «Яндекс.Погода». Источником данных является компания «Яндекс Н.В.» по предварительному согласованию об использовании данных в научных целях и с использованием соответствующего предоставленного ключа доступа. Полученные данные представляют из себя таблицу расширения из 365 строк с ежедневными климатическими данными для годового периода города Омска, усредненных каждодневно для предыдущих 7 лет. Результаты необходимы для расчета продолжительности солнечных суток и сопоставления времен восхода и заката с точным положением и траекторией движения Солнца. Проекция траектории движения и диаграмма положения Солнца для заданной локации (г. Омск) приведена на рис. 1, 2.

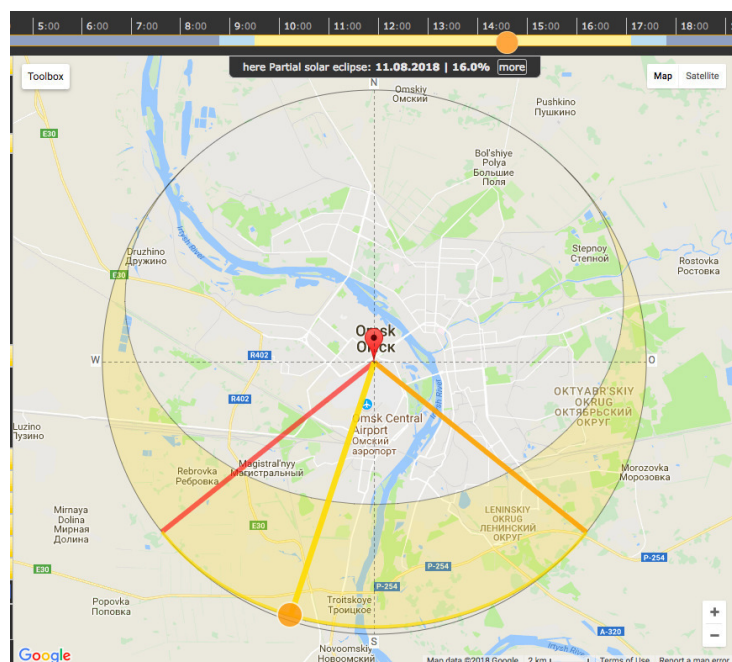


Рис. 1. Проекция траектории движения Солнца от времени

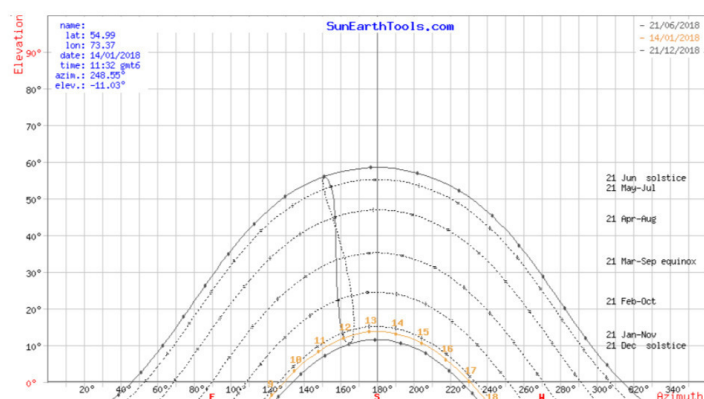


Рис. 2. Диаграмма положения Солнца в течение года для заданной локации

Анализируя данные сервиса «Яндекс.Погода» для заданной локации можно построить годовой график распределения дневной температуры (рис. 3) и облачности (рис. 4). На диаграммах видно, что распределение минимальных температур имеет вполне логичный вид и в целом является примером нормального распределения без явных экстремумов и статистические данные пригодны для применения в расчетах далее.

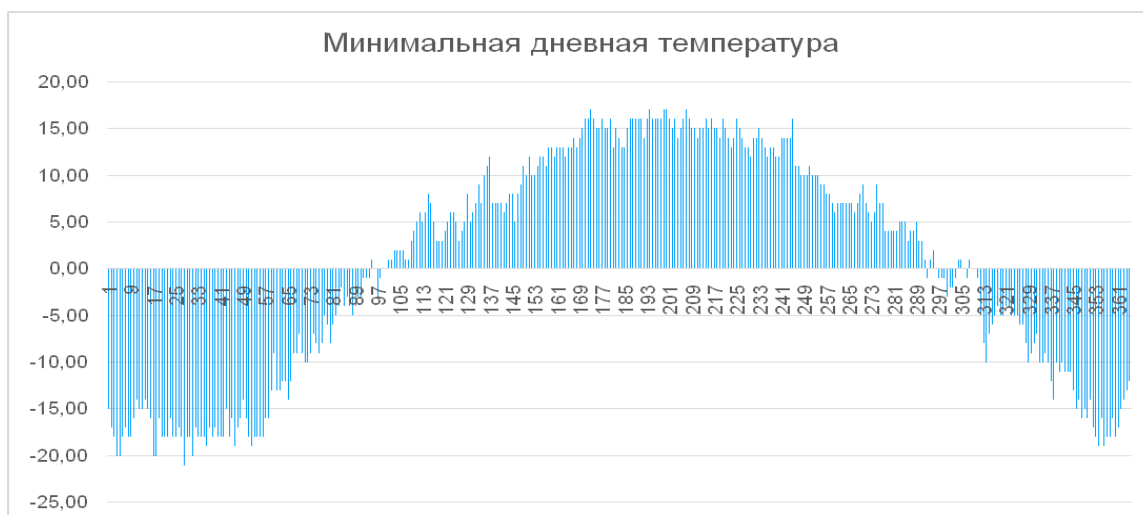


Рис. 3. Годовой график минимальных дневных температур г. Омска

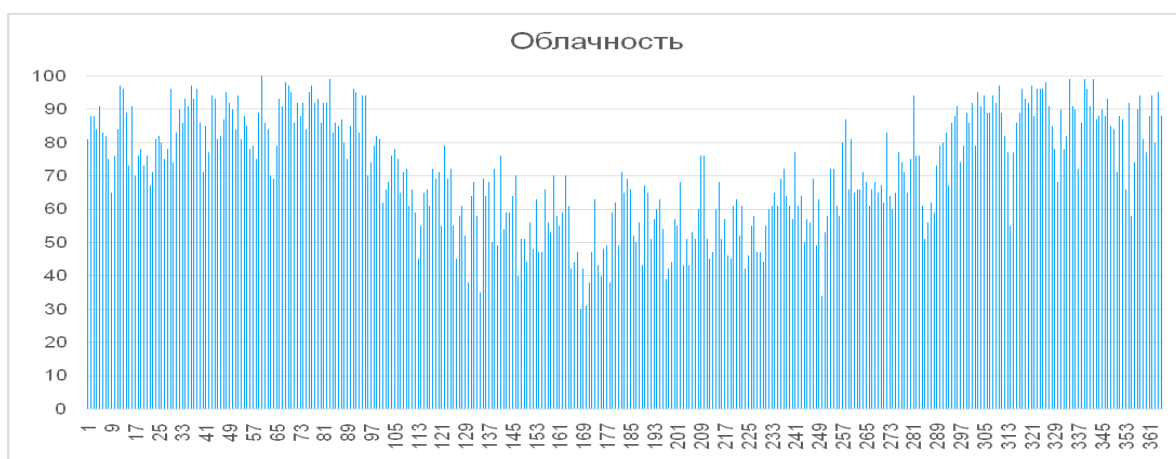


Рис. 4. Годовой график облачности г. Омска

Диаграмма облачности показывает, что в отопительный период облачность выше, чем в летнее время, что, в свою очередь, будет понижать эффективность коллектора в значительной степени.

График продолжительности светового дня (рис. 5) показывает, что в зимний (отопительный) период солнечный период меньше нежели в летний, в то время как потребность использования тепловой энергии как раз и необходима в этот период, что явно указывает на то, что при компенсации потребностей будет возникать избыточная теплота в летний период, которую можно использовать для покрытия нужд горячего водоснабжения.

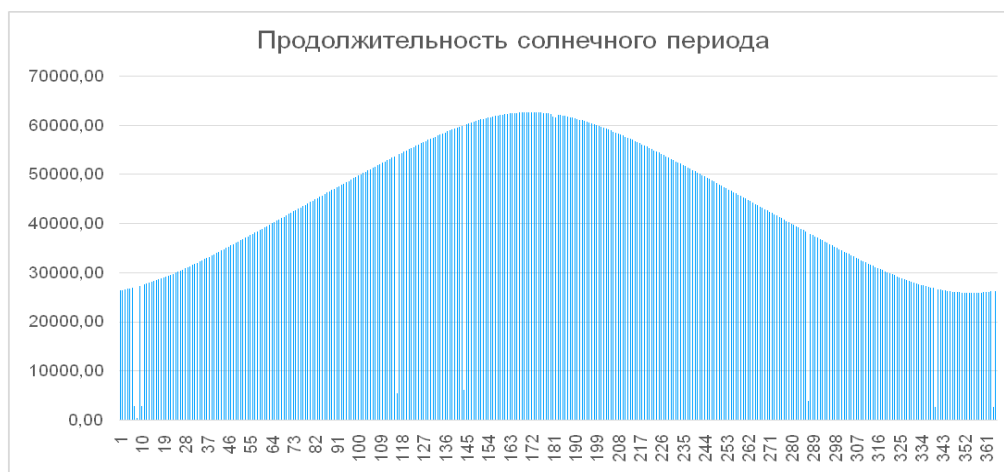


Рис. 5. Годовой график продолжительности светового дня г. Омска

Расчет тепловой энергии посредством статической системы солнечного коллектора выполняется для каждого часа каждого дня по имеющимся статистическим данным и производится суммирование по дням за солнечный период уникальный для каждого дня. Выполняется написанной программой «solarIncome.go» многократно с целью нахождения наиболее эффективного положения с максимальным суммарным годовым получением тепловой энергии по углам восхождения и азимута Солнца (γ' и β'), зависящие от времени и принимаемые по статистическим данным в диапазонах (0:60) и (50:306) градусов соответственно, исходя из экстремумов азимута и угла восхождения заданной локации.

В результате расчета определяются каждодневные данные получаемой тепловой энергии и оптимальные параметры азимута и угла наклона поверхности коллектора для г. Омска равные $\gamma' = 115$ и $\beta' = 57$ с суммарным годовым удельным количеством теплоты 229 кВт/м^2 .

Расчет тепловой энергии посредством динамической системы выполняется аналогичным образом, но без угла поправки на абсолютное положение солнечного коллектора в пространстве и тем самым позволяет достичь получения большего количества теплоты в сравнении со статической системой. Временной картой положения поверхности коллектора будет являться диаграмма перемещения солнца в течение года с ее значениями как постоянным перпендикуляром к поверхности коллектора.

Результат годового удельного количества теплоты составляет 263 кВт/м^2 , что на 15 % эффективнее в сравнении с наиболее оптимально расположенной

статической системой.

В работе произведен сбор точных данных с минимальными отклонениями от фактических значений, поскольку от этого зависит точность всей методики и погрешности для выбора параметров системы солнечного коллектора. На основе статистических данных проанализирован наиболее доступный период времени для понимания экстремумов и для более качественного прогнозирования потенциальных отклонений климатических данных в будущем и приведена методика подбора солнечного коллектора.

Список литературы

1. Günther M. Solar Radiation / M. Günther – Institute for Electrical Engineering, University of Kassel, 2008.
2. The Absorption of Solar Radiation / P. I. Cooper – Solar Energy, 1969.
3. Origill J. F., Hollands K. G. Correlation Equation for Hourly Diffuse Radiation on a Horizontal Surface / J. F. Origill, K. G. Hollands – Solar Energy, 1977.
4. Федоров, В. Н. Солнечная радиация и климат Земли / В. Н. Федоров // Физматлит. – 2017.

УДК 614.842.612:621.311.22

А. Н. Гайденоко, М. К. Алафьев

К ВОПРОСУ О ВНЕДРЕНИИ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ ПОЖАРОТУШЕНИЯ НА ОБЪЕКТАХ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

Рассматриваются инновационные подходы возможного внедрения современных средств тушения пожаров на объектах теплоэнергетики с использованием «сухой воды».

Ежегодно на объектах теплоэнергетики возникает более 16 пожаров. От общего количества пожаров на объектах электроэнергетики на ТЭЦ приходится 53 % возгораний, на подстанции – 41 %.

Статистика по числу пожаров, к сожалению, на протяжении последних лет остается стабильной. Соответственно материальный ущерб, социальные последствия, наносимые пожарами, чрезмерно велики. В этой связи проблематика совершенствования тушения пожаров на объектах теплоэнергетики остается весьма актуальной.

В научных источниках приводятся основные причины возгораний на подобного рода объектах:

1. Открытое пламя и высокая температура топочных газов при работе газотурбинных установок, трубчатых печей, котельных, реакторов огневого действия и т.п.;
2. Удары молнии и её вторичные проявления;
3. Различные искровые разряды;
4. Теплота при перегреве подшипников и сальников компрессоров, насосов, электродвигателей, вентиляторов, генераторов, моторов;
5. Лучистое тепло при горении выходящих из оборудования горючих газов и жидкостей;
6. Самовозгорание веществ, нагретых в условиях производства выше температуры самовоспламенения, пирофорных отложений железа, промасленной ветоши или промасленной спецодежды и других веществ с опасностью самовозгорания и самовоспламенения;
7. Открытый огонь при использовании факелов, техобслуживании, применении паяльных ламп для разогрева трубопроводов и т.п.

Причинами пожаров на подобного рода предприятиях также могут являться:

1. Нарушения, допущенные при проектировании и строительстве зданий и сооружений;
2. Несоблюдение мер пожарной безопасности производственным персоналом и неосторожное обращение с огнём [1,2].

Как видно, пожары, возникающие на объектах теплоэнергетики, представляют особую опасность, так как значительная часть технологического оборудования находится под высоким напряжением, что является дополнительным фактором, приводящим к несчастным случаям. Это обстоятельство требует от всех участников, связанных с ликвидацией пожаров, строжайшего соблюдения установленных правил личной безопасности. Так, ликвидация пожара с помощью пожарных автомобилей силами подразделений государственной, ведомственной или иной пожарной охраны должна производиться только после получения руководителем тушения пожара письменного разрешения от уполномоченного представителя объекта о снятии напряжения с оборудования. Чаще всего, прибытие представителя имеющего право на отключение электроснабжения и получение письменного разрешения

на начало работ по локализации и ликвидации горения требует времени, за которое происходит значительное развитие пожара с опасными последствиями, неоправданно затягивается время проведения аварийно-спасательных и иных неотложных и восстановительных работ [3].

В настоящее время для тушения пожаров на объектах теплоэнергетики традиционно используют: огнетушители, пожарное оборудование, установки автоматического пожаротушения, пожарные автомобили, мотопомпы и др. Указанные силы и средства в качестве основного огнетушащего средства используют воду или специальные пенообразующие растворы на основе воды. Несмотря на очевидные преимущества и, в ряде случаев, высокую эффективность воды, как огнетушащего средства, область ее применения весьма ограничена. Вода обладает значительной электропроводимостью и поэтому не может быть использована для тушения горящего электрооборудования, находящегося под напряжением. Нельзя применять воду, если в зоне пожара находятся вещества, бурно с ней реагирующие. В некоторых случаях применение воды приводит не к прекращению, а к усилению горения, поскольку горючие жидкости всплывают и продолжают гореть на поверхности воды, причем площадь горения значительно увеличивается. Нельзя не считаться также с тем, что вода может необратимо повреждать оборудование, приборы, рабочую документацию, материальные и культурные ценности. Неоправданное ее применение для тушения небольших загораний иногда может нанести значительно больший ущерб, чем непосредственное действие огня.

Потенциальная опасность – это возможность возникновения между веществами и материалами реакций превращения и взаимодействия, обусловленных составом, строением и агрегатным состоянием веществ и материалов. Эти реакции под воздействием изменяющихся внешних условий могут сопровождаться пожаром, взрывом и другими негативными последствиями. Реальная опасность – это есть проявление веществами и материалами под действием внешних условий свойств, приводящих к пожарам, взрывам, загрязнению и заражению окружающей среды, нанесению экономического ущерба обществу в целом [4].

Данные обстоятельства ставят перед наукой и практикой задачу по разработке и внедрению современных эффективных средств пожаротушения. Например, в мировой практике в последние несколько лет при тушении пожаров

стали применять новое вещество «Novec 1230», разработанное в 2011 г. В мире оно известно как «сухая вода», обладающая уникальными техническими и эксплуатационными характеристиками. Отсутствие атома водорода в структуре молекулы фторированного кетона наделило это вещество особыми свойствами, которые с успехом используются для ликвидации очагов возгорания:

1. Нулевая электропроводимость;
2. Точка кипения + 49°C;
3. Вещество является абсолютно безопасным для здоровья человека и экологически безвредным.

Наибольшее распространение в западных странах «сухая вода» получила в системах автоматического пожаротушения, устанавливаемых в помещениях с хрупкими художественными ценностями, на дорогостоящем уникальном транспорте, насыщенном электронным оборудованием. Доказательством того, что тушение пожара «сухой водой» эффективно и безопасно, является снятие всех ограничений на её использование в США в автоматических установках тушения электропоездов метро, кораблей, самолетов и военной бронетехники. Кроме того, в последнее время наиболее распространенными веществами подобного типа являются 3М™ Novec™ 1230 и Флуорокетон С-6. Оба вещества имеют практически идентичные эксплуатационные показатели и относятся к типу хладонов. Огнетушащие вещества сертифицированы для применения в процессе тушения пожаров категории А и В: класс А – пожары твердых веществ в результате горения которых образуется тлеющая зона. Пожары этого класса тушат всеми видами огнетушащих веществ. Класс В – пожары горючих жидкостей или плавящихся твердых веществ, их тушат пенами всех видов, порошками и тонкораспыленной водой. Проводятся также исследования на подтверждение применения сухой воды к тушению горючих газов – класс С [5].

Механизм тушения «сухой водой» происходит по принципу снижения температуры и ингибирования химической реакции процесса горения. Отметим ещё некоторые преимущества «сухой воды»:

Во-первых, высокая эффективность данного средства – источник возгорания нейтрализуется благодаря высокому уровню испаряемости за относительно короткое время – 10 – 15 сек;

Во-вторых, безопасность для человека – подтвержденная клиническими испытаниями, данное вещество можно использовать даже тогда, когда во время

пожара в помещениях и отсеках могут находиться люди;

В-третьих, удобство эксплуатации – «сухая вода» может использоваться в качестве огнетушащего вещества в уже смонтированных установках пожаротушения с минимальной модернизацией оборудования. Кроме того, повреждение систем установок пожаротушения с «сухой водой» и даже ее разлив не вызовет негативных последствий. «Вода» просто испарится, не оставив и следа;

В-четвертых, экологическая безопасность – после применения, распад вещества происходит за 3 – 5 дней, без повреждения озонового слоя.

Таким образом, системы установок пожаротушения с «сухой водой» подходят для тушения пожаров на ТЭЦ и ТЭК существенно лучше привычных растворов на основе воды и паротушения. Это связано с полезными свойствами «сухой воды». Также необходимо отметить, что, по сравнению с паротушением, «сухая вода» является более универсальным средством, которое рассчитано на тушение пожаров в помещениях, объемом более 500 м³ [5].

Объекты теплоэнергетического комплекса – сложный и многофункциональный механизм. Возникновение в нём любой нештатной ситуации, связанной с пожаром, ведёт к сбою в работе всего «теплового и энергетического организма». Для того чтобы подобные сбои минимизировать, а ликвидация пожара была произведена в максимально сжатые сроки, возможно внедрение систем пожаротушения с использованием «сухой воды». Пожаротушение с её использованием может проводиться на объектах инфраструктуры ТЭЦ и ТЭК, когда применение традиционных средств тушения невозможно. Не будет угрозой оборудование, находящееся под напряжением, не будет нанесён вред дорогостоящей электронике и др. Нетоксичный агент Noves™ 1230 избавляет от необходимости использования средств защиты органов дыхания человека. «Сухой воде» можно доверять самые ценные активы – жизни и здоровье персонала, которым могут угрожать поражающие факторы такого опасного явления, как пожар.

Список литературы

1. Бондарев, Е. Б. «Тушение пожаров на объектах теплоэнергетики температурно-активированной водой» / Е. Б. Бондарев // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности». – № 4 (62). – 2015. – С. 1 – 6. <http://ipb-mos.ru/ttb>
2. Роечко, В. В. Применение температурно-активированной воды для

тушения пожаров турбинных масел на объектах теплоэнергетики» / В. В. Роевко, А. В. Пряничников, Е. Б. Бондарев.// АГПС МЧС РФ. Научный журнал «Технологии техносферной безопасности». – 2015. – №4(62). – С. 2 – 10.

3. Свод правил СП 2. 13130. 2012. «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты». <http://docs.cntd.ru/document/-1200096437>

4. Акимов, В. А., Соколов, Ю. И. Риски транспортировки опасных грузов. Монография/ В. А. Акимов, Ю. И. Соколов. – М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2011. – С. 7 – 9, 53 – 55.

5. Газовое огнетушащее вещество 3M Novec 1230. http://solutions.-3mtheRussianFederation.ru/wps/portal/3M/ru_RU/3MNovec/Home/

УДК 629.1

С. В. Чичерин, Т. И. Бельская

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С МАЛОЙ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКОЙ

В работе определен концепт системы центрального теплоснабжения (СЦТ) четвертого поколения. Представлено сравнение нескольких вариантов установки элементов, улучшающих энергоэффективность системы централизованного теплоснабжения: при помощи аккумулятора тепловой энергии (бак-аккумулятор горячей воды, первый сценарий), энергосберегающих мероприятий у потребителей тепла (второй сценарий) или источников распределенной генерации (третий сценарий).

Анализ мирового опыта в решении проблем энергосбережения показывает, что экономия топливно-энергетических ресурсов является приоритетной задачей любого государства. Энергосбережение, базирующееся не на сокращении потребления тепловой или электрической энергии, а именно благодаря правильному и экономичному использованию ресурсов за счет модернизации, является основой стратегии развития теплоснабжения в Российской Федерации до 2030 года.

Еще на стадии проектирования и строительства необходимо разрабатывать эффективные, экономичные и экологичные способы производства, транспортировки и потребления тепловой энергии. Омский регион в силу своего сурового климата, имеет огромный потенциал

энергосбережения и повышения энергоэффективности, который составляет более 40% от уровня потребления тепловой энергии на сегодняшний день [1]. Тем не менее, схемные и конструктивные решения в системах централизованного теплоснабжения остаются фактически неизменными, характеризующиеся однотипностью и простотой структуры. Тепловые сети в большинстве не отвечают современным требованиям проектирования и строительства. Мало внедряются прогрессивные конструкции, к примеру, применение гибких и предизолированных труб, а так же новые методы прокладки теплопроводов, что отрицательно сказывается на показателе надежности тепловой сети [2].

В данной статье рассматривается несколько способов повышения энергоэффективности систем теплоснабжения на базе современных европейских технологий и их экономический эффект.

Европейский концепт систем централизованного теплоснабжения четвертого поколения (*4th generation district heating*) включает в себя ряд технологий повышения энергоэффективности такие как:

1. Накопители энергии (в том числе сезонные);
2. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии;
3. Централизованное холодоснабжение;
4. Энергоэффективные здания.

К достоинствам внедрения данной идеи, описанной в [3], определенно можно отнести следующие достоинства:

1. Утилизация вторичного бросового тепла объектов промышленности;
2. Включение в СЦТ геотермальных источников;
3. Совместимость с системами централизованного холодоснабжения;
4. Более высокая эффективность эксплуатации солнечных коллекторов;
5. Возможность выработки энергии тепловыми насосами с меньшими затратами электроэнергии;
6. Эффективность процессов конденсации попутных газов;
7. Большая выработка электрической энергии в рамках комбинированного цикла;
8. Снижение тепловых потерь на сетях [4].

Предлагаемым способом повышения энергоэффективности в данной работе является концепт из трех сценариев, включающий в себя группу вновь построенных или реконструированных зданий в масштабе одного квартала или

даже целого населенного пункта. Обеспечение теплом объектов может осуществляться при помощи аккумулятора тепловой энергии (бак-аккумулятор горячей воды, первый сценарий) или источников распределенной генерации (третий сценарий), а так же энергосберегающих мероприятий у потребителей тепловой энергии (второй сценарий).

В первом сценарии оценивалась эффективность включения накопителя тепловой энергии, предназначенного для выравнивания суточных неравномерностей теплопотребления, снижения пиковых расходов теплоносителя на нужды горячего водоснабжения. Возможным применением такого аккумулятора может стать обеспечение жителей горячей водой при проведении ежегодных плановых летних гидравлических испытаний на плотность и прочность, влекущих за собой неизбежные перебои в подаче горячей воды. Предлагается новая концепция такого накопителя, выполненного не просто в виде бака-аккумулятора горячей воды, а с использованием технологии погружения в окружающий ландшафт.

Плотность накопления тепловой энергии таким устройством может достигать 60-80 кВт/м³. Емкость аккумулятора была рассчитана, исходя из следующих трех факторов: тепловая нагрузка подключенных потребителей, емкость тепловой сети и графики неравномерности суточного теплопотребления горячего водоснабжения.

Второй сценарий включает в себя ряд мер повышения энергоэффективности при потреблении тепловой энергии:

1. Установка отражающих экранов за радиаторами отопления;
2. Устройство балансировочных клапанов;
3. Оклеивание окон инновационными пленками, обеспечивающих минимальное поглощение тепла летом и дополнительную теплоизоляцию зимой.

Согласно сценарию 3 предполагается устройство системы из 10 гелиоколлекторов на крыше одного из домов. Солнечный коллектор СВК-30 отечественного производства полезной площадью 1800*58мм имеет 30 тепловых трубок с трехслойным покрытием и медным тепловым сердечником. Мощность устройства составляет 3,8 кВт, а цена – порядка 63 250 руб. При необходимости увеличить число солнечных коллекторов для отопления можно путем последовательного подключения к уже имеющимся. Возможна круглогодичная эксплуатация (до – 35 °С).

Расчет выполнялся согласно методике [5], где важнейшим показателем эффективности проекта является чистый дисконтированный доход (*Net Present Value, NPV*) – накопленный дисконтированный эффект за расчетный период. Чистый дисконтированный доход рассчитывался по формуле (1):

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t} . \quad (1)$$

где i – норма дисконта, CF – денежный поток, тыс. руб, а суммирование распространяется на все шаги расчетного периода, n их общее количество, а t его порядковый номер.

Ставка дисконтирования в формуле расчета (1) – это стоимость капитала (*cost of capital*) для инвестора. Другими словами, это ставка процента, по которой предприятие может привлечь финансовые ресурсы.

Сроком окупаемости ("простым" сроком окупаемости, *payback period*) называется продолжительность периода от начального момента до момента окупаемости. Начальный момент указывается в задании на проектирование (обычно это начало нулевого шага или начало операционной деятельности). Сроком окупаемости с учетом дисконтирования называется продолжительность периода от начального момента до «момента окупаемости с учетом дисконтирования». Моментом окупаемости с учетом дисконтирования называется тот наиболее ранний момент времени в расчетном периоде, после которого текущий чистый дисконтированный доход становится и в дальнейшем остается неотрицательным.

Исследование выполнено на базе микрорайона комплексной застройки территории в районе ул. Завертяева. Проектное теплopotребление 21 объекта, в числе которых 17 жилых домов и 4 административных здания, с учетом потерь в тепловых сетях (ППУ) – 20,93 МВт. Теплоисточником является котельная ООО СМТ «Стройбетон» полной мощностью 213 МВт, мощностью первой очереди строительства 33,0 МВт.

Исследование различных вариантов производилось путем сравнения заложенных производителем технических характеристик и расчетных экономических показателей. Аналогичное исследование, где дополнительно учитывается влияние различных вариантов на экологическую обстановку с применением системного подхода путем анализа статистических данных и расчётных оценок авторов приведено в [6].

В [7] напротив, представлен двухэтапный подход, а критерием

эффективности являются удельные затраты на производство и распределение тепловой энергии в системе теплоснабжения, значение которых не должно возрастиать при подключении новых потребителей.

Синергетический эффект в денежном эквиваленте сведен в табл. 1.

Таблица 1

Эффект от сценариев в денежном эквиваленте

№ сценария	Сумма инвестиций, тыс. руб	Денежные потоки, тыс. руб (CF)	Чистые денежные потоки, тыс. руб.	Чистый дисконтиров. доход, тыс. руб. (NPV)	Валовый дисконтиров. доход, тыс. руб.
1	5 892	471 981	20 555	14 663	140 780
2	1 157	2 600	1 424	267	1 131
3	1 388	130	46	-1 188	-15 144

Сводный расчет положительного эффекта приведен на диаграмме (рис. 1).

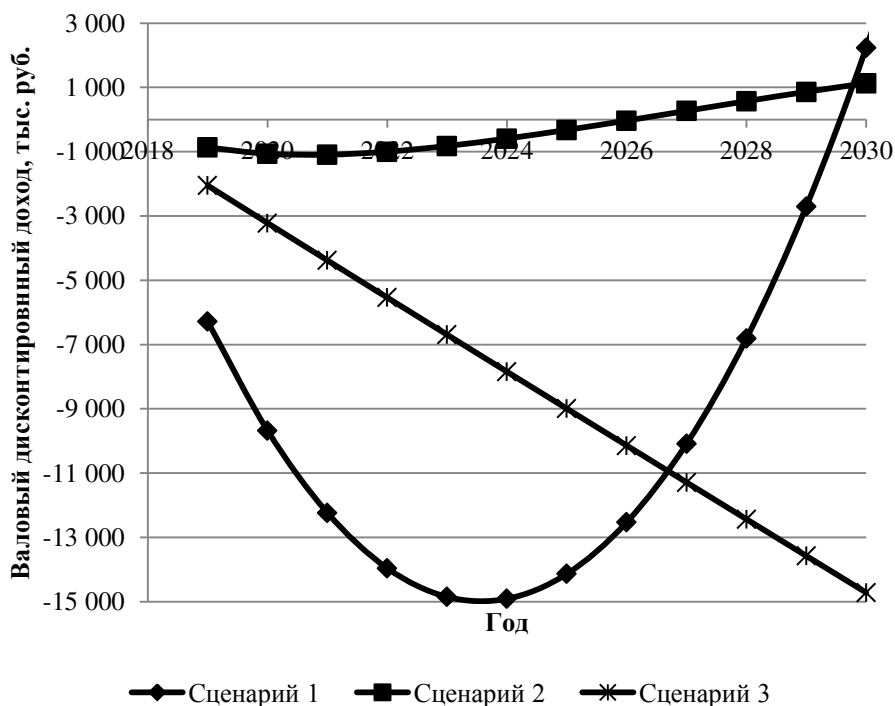


Рис. 1. Визуализация графиков изменения денежных потоков в течение срока жизни проекта

При этом расчеты учитывают не только экономическую составляющую, но и требования надежности, что в результате позволит сдерживать рост затрат, снизить уровень потерь тепловой энергии и обеспечить требуемый уровень надежности работы системы [8].

На основании рассмотрения эффекта приведенных трех сценариев можно сделать следующие выводы: особенностью первого варианта является

достаточно большой объем привлечения инвестиций, требуемых для установки и эксплуатации бака-аккумулятора горячей воды, тогда как для реализации второго и третьего варианта можно ограничиться относительно незначительными капиталовложениями. Наиболее быстроокупаемыми являются мероприятия по повышению энергоэффективности при потреблении тепловой энергии. Тем не менее, денежные потоки в обоих случаях, включая третий, не имеющий срока окупаемости в рассматриваемой перспективе, минимальны в сравнении с другими сценариями, требующими гораздо больший уровень инвестиций.

Таким образом, не все технологии повышения энергоэффективности, согласно европейскому концепту систем централизованного теплоснабжения четвертого поколения, могут быть применены повсеместно. Огромную роль оказывают местные климатические особенности, а так же наличие благоприятной инвестиционной среды в энергоэффективность.

Список литературы

1. Бельская, Т. И. Анализ состояния и повышение энергоэффективности систем централизованного теплоснабжения в г. Омске / Т. И. Бельская // Повышение эффективности объектов энергетики и систем теплоснабжения: Материалы всероссийской научно-технической конференции с международным участием / Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск, 2017. – С. 92 – 97.
2. Чичерин, С. В. Применение гибких предизолированных труб для теплоснабжения в России / С. В. Чичерин // Энергетик. – 2017. – №12. – С. 20 – 21.
3. Lund, H., Werner, S., Wiltshire, R., Svendsen, S., Thorsen, J. E., Hvelplund, F., & Mathiesen, B. V. (2014). 4th Generation District Heating (4GDH): Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems. *Energy*, 68, 1 – 11.
4. Averfalk, H., & Werner, S. (2018). Novel low temperature heat distribution technology. *Energy*, 145, p/ 526 – 539.
5. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (2-я редакция). – М.: Экономика, 2000 г.
6. Огороков, В. Р. Концепция электротеплоснабжения в городах страны как механизм повышения их энергетической и экологической безопасности / В. Р. Огороков, Р. В. Огороков // Энергетик. – 2018. – №1. – С. 11 – 14.
7. Стенников, В. А. Методы принятия решений по подключению к теплоснабжающей системе новых потребителей / В. А. Стенников, Е. Е. Медникова, Н. В. Стенников // Энергобезопасность и энергосбережение. –

2018. – №. 1. – С. 11 – 19.

8. Збараз, Л. И. Методика оценки ущерба от аварийной ситуации в системе теплоснабжения / Л. И. Збараз, С. В. Чичерин // Науковий вісник будівництва. – № 4(90). – 2017. – С. 218 – 224.

УДК 621.184.64

В. Ю. Грохотов, М. В. Грохотова

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С УТИЛИЗАЦИЕЙ ТЕПЛОТЫ УХОДЯЩИХ ГАЗОВ ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ

Разработка и совершенствование технологий, повышающих эффективность использования топливно-энергетических ресурсов при эксплуатации теплоэнергетических установок является приоритетной задачей в стратегии энергетического развития нашей страны. На объектах, использующих газотурбинные технологии, применение комбинированной системы теплоснабжения на базе двухсекционных теплообменников утилизаторов позволяет добиться существенной экономии топлива. Комплексное решение вопросов использования указанных систем может быть достигнуто путем оптимизации распределения тепловых нагрузок.

В соответствии с Распоряжением Правительства РФ от 13.11.2009 №1715-р «Об Энергетической стратегии России на период до 2030 года» [1], а также Федеральным законом от 23.11.2009 N 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [2] одной из приоритетных задач в стратегии развития нашей страны является снижение удельных затрат на производство и использование энергоресурсов за счет рационализации их потребления, применения энергосберегающих технологий и оборудования, сокращения потерь при добыче, транспортировке, без изменений в качестве продукции [6]. При таких обстоятельствах в современных условиях развития теплоэнергетики в Российской Федерации крайне актуальным является внедрение высокоэкономичных генерирующих установок, созданных на базе прогрессивных технологий.

Значительный рост энергопотребления требует масштабного внедрения современных технологий. В настоящее время в классе малых и средних

мощностей доминирующие позиции занимают газотурбинные установки. Они являются основными двигателями для приводов газоперекачивающих агрегатов (ГПА) на компрессорных станциях магистральных газопроводов, что обусловлено их свойствами: высокая энергоемкость, автономность, компактные размеры, малый вес, уровень шума и вибрации, низкая инерционность. При этом, газотурбинные установки характеризуются невысокими значениями КПД, по проектным данным 23-28% [3]. Приведенные значения обозначают необходимость проведения дополнительных мероприятий по повышению эффективности ГТУ. Одно из основных направлений связано с утилизацией тепловой энергии дымовых газов как для повышения эффективности самой установки, регенеративный подогрев сжатого воздуха перед камерой сгорания, так и для внешнего теплоиспользования, подогрев сетевой воды, отопление помещений. Таким образом, применение, совершенствование методов использования утилизационного теплообменного оборудования на объектах, использующих газотурбинные технологии позволяет использовать теряемую в обычных условиях энергию уходящих газов, экономить топливно-энергетические ресурсы, необходимые для теплоснабжения, снизить стоимость единицы продукции [5].

Повышение эффективности теплообменного оборудования непосредственно связано с созданием более эффективных методов преобразования энергии, разработкой новых технологических решений. Так вопрос определения оптимального распределения утилизируемой теплоты на каждую секцию теплообменного блока двухсекционного теплообменника - утилизатора, где первый блок - регенеративная часть, второй - внешнее теплоиспользование, определяет в общем случае наиболее эффективный режим работы ГТУ, оптимальные соотношения площадей теплообменных поверхностей (рис.1).

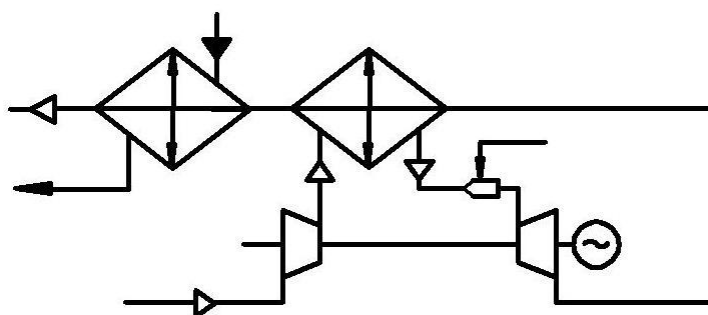


Рис.1. Технологическая схема ГТУ с двухсекционным теплообменником утилизатором

Такого типа задача является оптимизационной, где критериями выступают следующие параметры установки: температура подогрева сжатого воздуха после компрессора $t_{\text{возд}}^{\text{opt}}$, расход сетевой воды $G_{\text{воды}}^{\text{opt}}$. Для проведения проектных, поверочных, гидравлических расчетов секций теплообменного оборудования выбрана газотурбинная установка ГТК-10-4, ввиду её широкого распространения на газопроводах нашей страны, высоким потенциалом введения дополнительных мероприятий повышения эффективности [4]. В ходе исследования проведено множество итераций основных параметров теплообменного оборудования: фактической теплопроизводительности, площади теплообменной поверхности, потерь давления, температур теплоносителей на выходе из установки. Для регенеративной секции расчеты проведены в диапазоне температур $t_{\text{возд}}^{\text{opt}}$ от 350 °С до 507 °С, что соответствует степени регенерации от 0,5 до 1. Ограничение величин обусловлено эффективностью применения процесса регенерации: 1 – предельное теоретическое значение, 0,5 – граница эффективности использования [3]. Для секции с внешним теплоиспользованием границы изменения расходов теплоносителя определяются исходя из технических характеристик оборудования, минимального расхода, необходимого для обеспечения отопительно-бытовой нагрузки компрессорной станции: $2,25 \text{ кг/с} < G_{\text{воды}}^{\text{opt}} < 10,56 \text{ кг/с}$. Результаты обработки данных представлены на графиках (рис. 2, рис. 3).

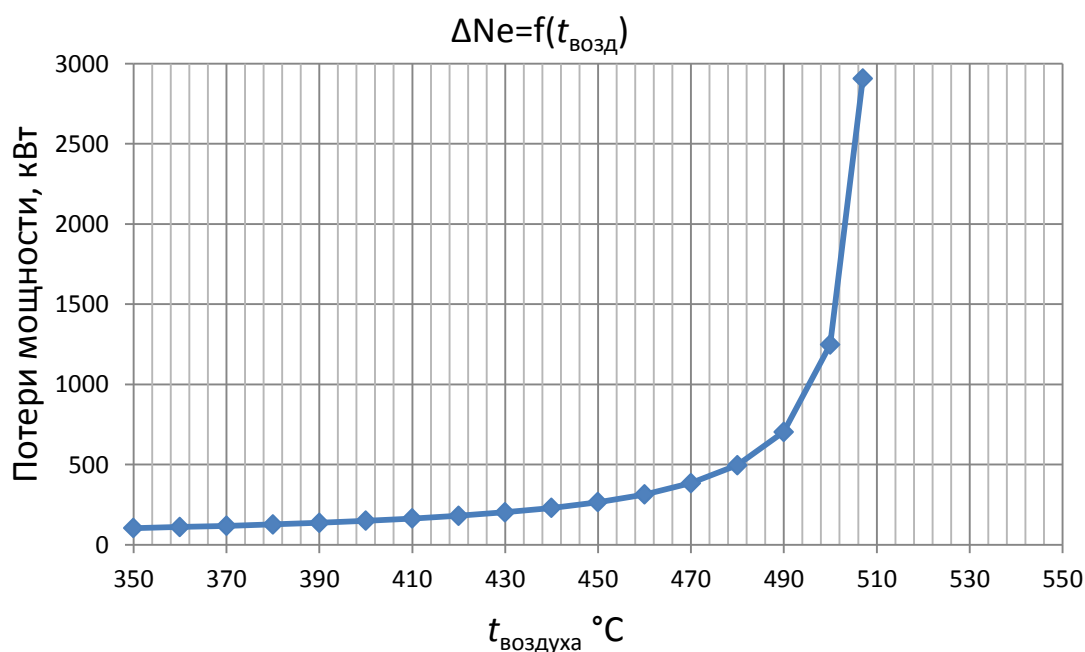


Рис. 2. Влияние температуры воздуха на выходе из регенератора на потери мощности ГТУ

Увеличение температуры воздуха на выходе из регенератора непосредственно связано с ростом площади теплообменной поверхности, что приводит к увеличению гидравлических сопротивлений по газовоздушному тракту ГТУ, следовательно, возникают затраты мощности на преодоление сопротивлений трактов. По данным графика следует, что значительный рост потерь мощности достигает при температурах свыше $480\text{ }^{\circ}\text{C}$.

С другой стороны, увеличение температуры воздуха на выходе из регенератора приводит к снижению роста теплопроизводительности, несмотря на дальнейший рост площади поверхности теплообмена. Из рис. 3 следует, что при температурах свыше $460\text{ }^{\circ}\text{C}$ дальнейшее увеличение площади поверхности нецелесообразно, ввиду значительного снижения роста теплопроизводительности секции.

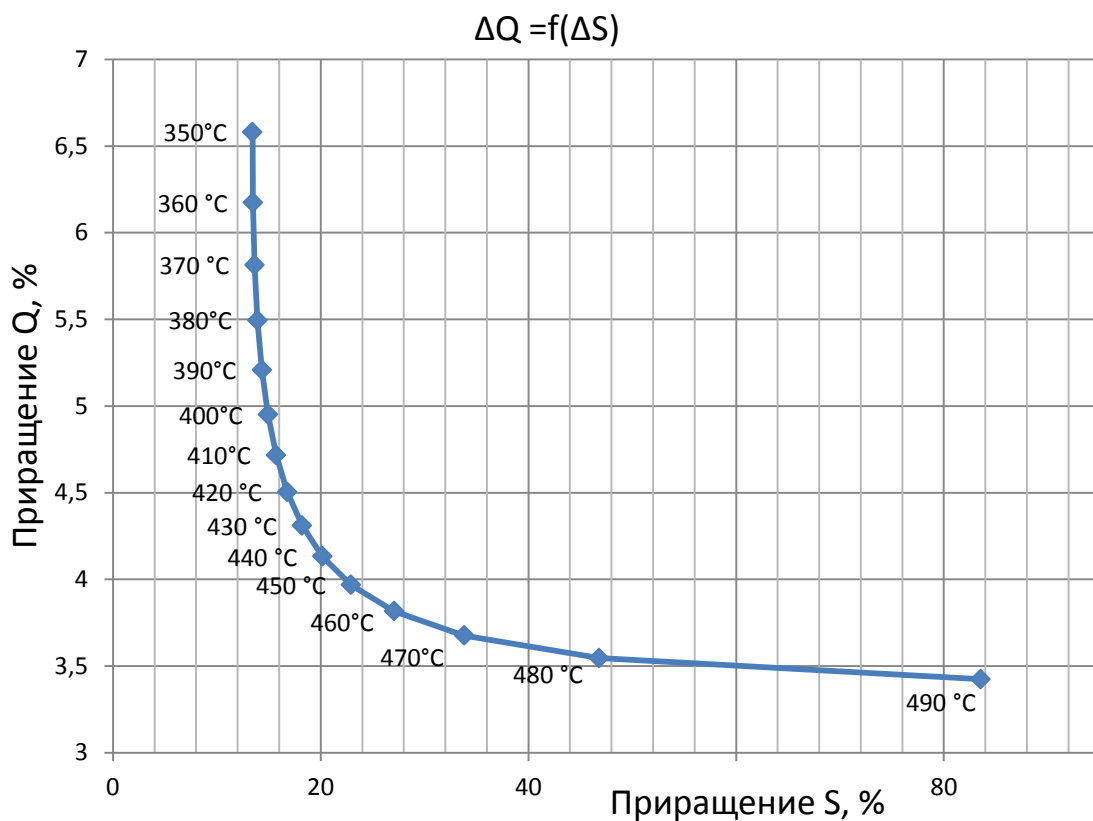


Рис. 3. Влияние приращения площади теплообменной поверхности на приращение теплопроизводительности регенератора

Исходя из вышеизложенного, оптимальное значение температуры, соответствующее наиболее эффективному режиму работы ГТУ подогреваемого воздуха находится в диапазоне $450\text{ }^{\circ}\text{C} < t_{\text{возд}}^{\text{opt}} < 460\text{ }^{\circ}\text{C}$.

График определяющий оптимальный расход сетевой воды в установленных пределах $2,25\text{ кг/с} < G_{\text{воды}}^{\text{opt}} < 10,56\text{ кг/с}$ близок к линейному

рис. 4. Следовательно, расход сетевой воды определяется необходимой тепловой нагрузкой.

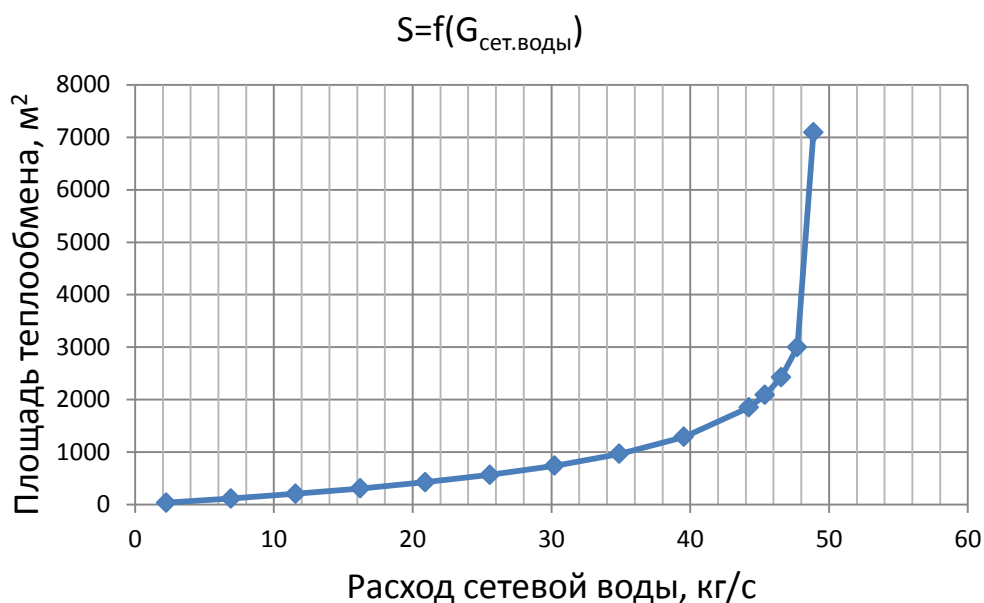


Рис. 4. Влияние изменения расхода сетевой воды на рост площади теплообменной поверхности

Количественную оценку оптимизируемого параметра – распределение тепловой нагрузки на каждую секцию теплообменного блока, выбор вариантов исполнения оборудования определяет критерий эффективности [5]. Для решения поставленной задачи в качестве критерия могут использоваться как локальные так и глобальные параметры. К локальным параметрам относят металлоемкость, кпд теплоэнергетической установки, затраты топлива, габаритные размеры, к глобальным – приведенные расходы, стоимость жизненного цикла, дисконтированный доход.

Окончательный выбор критерия эффективности газотурбинного привода для газоперекачивающих агрегатов компрессорных станций магистральных газопроводов должен производиться индивидуально для каждой компрессорной станции с использованием особенностей местных условий, климата и детального экономического анализа.

Список литературы

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 13.11.2009 № 1715-р
2. Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные

законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 29.07.2017)

3. Рудаченко, А. В. Газотурбинные установки для транспорта природного газа: Учебное пособие / А. В. Рудаченко, Н. В. Чухарева. – Томск: ТПУ, 2010. – 217 С.

4. Теплообменники энергетических установок / Ю.М. Бродов, Б.С. Ревзин и др. – Екатеринбург: Сократ, 2003. – 965 С.

5. Комбинированные системы теплоснабжения для компрессорных станций магистральных газопроводов и нефтяных платформ / И. А. Январев, И. В. Сотников и др. // Техника и технология нефтехимического и газового производства: Материалы 6-ой международной научно-технической конференции. – Омск: ОмГТУ, 2016. – С. 63 – 64.

6. Январев, И. А. Повышение эффективности утилизационного теплообменного оборудования теплоэнергетических установок при использовании поэтапного теплообмена / И. А. Январев, В. Ю. Грохотов, М. В. Грохотова // Омский научный вестник. Сер. Приборы, машины и технологии. – Омск. – 2015. – № 2 (140). – С.159 – 162.

УДК 66.045.3.5

И. В. Жданова

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В БАШЕННЫХ ГРАДИРНЯХ

На данный момент в промышленном строительстве все больше внимания уделяется новым сложным формам сооружений, аэродинамика которых неизвестна. Так, например, в связи с возрастанием мощности современных промышленных предприятий, в первую очередь, энергоблоков тепловых и атомных электростанций, актуальной становится задача увеличения единичной производительности башенных градирен, используемых в оборотных системах технического водоснабжения.

Водоохладители классифицируют по следующим признакам:

- а) системе разбрызгивания воды: на брызгальные, капельные, пленочные;
- б) системе движения воздуха: при естественной тяге – на башенные градирни, при принудительной тяге – на вентиляторные и при естественном движении воздуха по поверхности водоема – на открытые градирни;

в) форме: на цилиндрические; конические или биконические; гиперболические; комбинированные – цилиндрические с биконическими и др.;

г) материалу и способу возведения: на железобетонные; деревянные с металлическим каркасом; сборные или монолитные железобетонные;

д) по производительности: с площадью орошения от 400 до 10 000 м² (высокие показатели достигаются только при использовании башенных градирен с естественной тягой).

Технические характеристики. Горячая вода в башенных градирнях поступает в ороситель. Через специальную систему она разбрызгивается и, падая вниз против воздушной струи, охлаждается. Охлажденная вода собирается в резервуары и снова идет в производство. Форма башни способствует естественному движению охлажденного воздуха.

В башенных градирнях пленочного типа вода стекает по поверхности оросителя, выполненного из деревянного или другого материала (асбестоцемент, пластмасса и др.). Таким образом, увеличивается площадь контакта падающей нагретой воды с проходящим вверх холодным воздухом. Эти градирни сооружают в том случае, если до 30 – 35 °С охлаждается достаточное количество воды.

В вентиляторных градирнях движение воздуха происходит не за счет естественной тяги, а принудительно – с помощью одного или нескольких вентиляторов. Воздух втягивается под оросительные устройства и выбрасывается вентилятором наружу. Охлаждение происходит в брызгальных и пленочных оросителях. Вентиляторные градирни занимают меньше места на генплане. Для их размещения используются внутренние защищенные от ветра участки территории предприятий.

Применение вентиляторных градирен позволяет сократить капиталовложения, правда, несколько возрастают эксплуатационные расходы (например, электрической энергии на работу вентиляторов). Эти сооружения экономически выгодны при использовании Дешевой электрической энергии. В них происходит более интенсивное охлаждение воды.

Основным критерием классификации описываемых устройств является принцип их действия. Специалисты выделяют две разновидности градирен:

1. Испарительные градирни (открытого типа).
2. Сухие градирни.

Испарительная градирня функционирует следующим образом. Горячая

вода или другая жидкость разбрызгивается в установке в мелкодисперсную водяную пыль.

Благодаря контакту с атмосферным воздухом, температура которого намного ниже и эффекту испарения, жидкость охлаждается и оседает в бассейн на дне градирни, а часть жидкости выходит наружу в виде пара.

По методу подачи воздуха и его смешивания с водяной пылью выделяют два вида испарительных градирен:

- оросительные – с перекрестноточным и противоточным направлением воздушного потока;
- безнасадочные – бывают брызгальными и эжекционными.

Градирня «сухого» типа по-другому называется «драйкулер». В ней охлаждение воды осуществляется в замкнутом контуре, который обдувается струями воздуха.

Аналогичным образом происходит охлаждение антифриза в системе охлаждения мотора внутреннего сгорания. Благодаря закрытому теплообменнику исключается прямой контакт воды и воздуха, соответственно, потери жидкости сводятся к нулю.

Для традиционных форм башенных градирен (гиперболоид вращения) повышение производительности достигается главным образом за счет увеличения геометрических размеров башни.

Однако с ростом размеров снижается устойчивость башни при ветровых и сейсмических нагрузках, увеличивается неблагоприятное воздействие ветра на работу градирни. Увеличение производительности башенных градирен без существенного увеличения их высоты может быть достигнуто, в частности, созданием новых форм оболочек, что подтверждается отечественным и зарубежным опытом.

На стадии проектирования отсутствие теоретических моделей, позволяющих рассчитать ветровую нагрузку на градирни сложной формы оболочек и тепломассообмен внутри их при наличии и отсутствии ветрового потока, требует физического моделирования этих явлений. В этой связи становится актуальной задача моделирования приземного пограничного слоя заданной структуры и толщины, потока паровоздушной смеси внутри оболочки, определения условий корректного перехода от модельных результатов к натурным.

Наряду с этим, ухудшающаяся экологическая обстановка в районах

расположения ТЭС, связанная с выбросами дымовых газов, заставляет все больше внимания уделять созданию нетрадиционных технологий удаления продуктов сгорания органического топлива, например, через комбинированное высотное сооружение (градирня – дымовая труба). Новое техническое решение требует теоретического и экспериментального обоснования своих преимуществ.

Необходимо возможно полное представление о зависимости технологического процесса в градирне от различных факторов, одним из которых является скорость ветра.

Современные башенные испарительные градирни могут использовать разнообразные аэродинамические элементы (дефлекторы, ветроперегородки и др.) для улучшения тепловой работы, особенно в условиях ветра.

Совместное использование ветроперегородок и завихрителей в надоросительном пространстве может повысить эффективность башенной испарительной градирни на величину до 20 – 30 % при угле установки завихрителей $\alpha = 60^\circ$.

Список литературы

1. Берман, С. С. Теплообменные аппараты и конденсационные устройства турбоустановок / С. С. Берман. – М.: ГНТИМЛ, 1959. – 427 с.
2. Берман, Л. Д. Испарительное охлаждение циркуляционной воды / Л. Д. Берман. – М.-Л., 1957. – 440 с.
3. Гончаров, А. В. Брызгальные водоохладители ТЭС и АЭС / А. В. Гончаров. – Л.: Энергоатомиздат, 1989. – 140 с.
4. Макаров, В. М. Рациональное использование и очистка воды на машиностроительных предприятиях / В. М. Макаров, Ю. П. Беличенко, В. С. Галустов. – М.: Машиностроение, 1988. – 272 с.

УДК 658.512.26.26 (035)

М. Н. Беховец, В. И. Станчёнков, А. А. Куандыкова

ПОВЫШЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ (РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ) ДЕТАЛЕЙ ТУРБОМАШИН

В конструкции агрегатов турбомашин значительную долю занимают детали, имеющие геометрически сложенные поверхности в сочетании с высокими требованиями к

параметрам точности и шероховатости, что приводит к размерной обработке деталей на станках в автоматизированном режиме и к использованию процессов ручной слесарной обработки с повышенной трудоемкостью на операция заготовки и ремонта этих деталей. Приведены решения, которые обеспечивают получение заданных параметров при обработке на автоматизированном оборудовании.

Одним из показателей конкурентоспособности турбомашин является технологичность (в т. ч. ремонтпригодность) конструкции изделия (ТКИ). При этом под изделиями понимают детали, сборочные единицы и комплексы взаимосвязанных изделий.

Показателями, оценивающими ТКИ, являются материалоемкость, трудоемкость, энергоемкость и другие. Обеспечение этих показателей заключается в создании в конструкции изделия свойств, соответствующим оптимальным значениям затрат ресурсов. В понятие «оптимальных» вложен смысл: относительно достигнутого уровня в подобных производствах, в отрасли.

Решение задач повышения показателей ТКИ рассмотрено на примере серийного производства и ремонта детали типа «моноколесо», являющейся геометрически сложной и ресурсопределяющей энергетических ГТУ.

Схема характерной рассматриваемой детали приведена на рисунке 1.

В течении последних 35 – 40 лет происходит совершенствование конструкции рассматриваемых деталей с повышением достигнутых показателей ТКИ при одновременном росте базовых показателей ТКИ в аналогичных производствах [2,3]. Одной из проблемных задач серийного производства указанных деталей является обеспечение заданных параметров шероховатости поверхностей проточной части, ограниченной лопатками. При серийном производстве и ремонте деталей из высокопрочных сплавов, эти параметры обеспечивают сочетанием технологических операций фрезерования концевыми фрезами с последующим ручным полированием. Последняя операция не отвечает требованиям автоматизированного производства и занимает 30...60% общей трудоемкости изготовления детали.

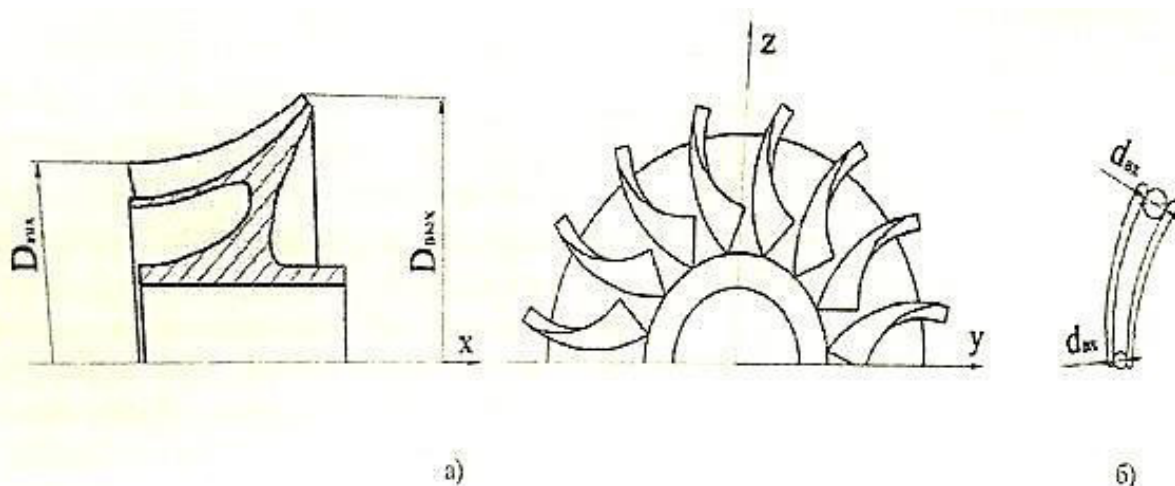


Рис. 1. Моноколесо ротора турбины: а) общий вид; б) проточная часть

Анализ технологических возможностей методов объемной абразивной обработки показал их эффективность для условий финишной обработки в рассматриваемых условиях.

Параметры R_a , обеспечиваемые на различных этапах обработки, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Обеспечиваемые параметры R_a

Параметр R_a	Значение, мкм
Предшествующий для объемной абразивной обработки	5...2,5
После фрезерования	10...1,25
После объемной абразивной обработки	0,32...0,16

С учетом разного значения и знака кривизны обрабатываемых поверхностей деталей при их фрезеровании с использованием стандартных фрез не удастся обеспечить требования обеспечивая равномерности параметров R_a на протяжении всей поверхности. Следствием этого является недостаточная эффективность применения в этих условиях методов объемной абразивной обработки.

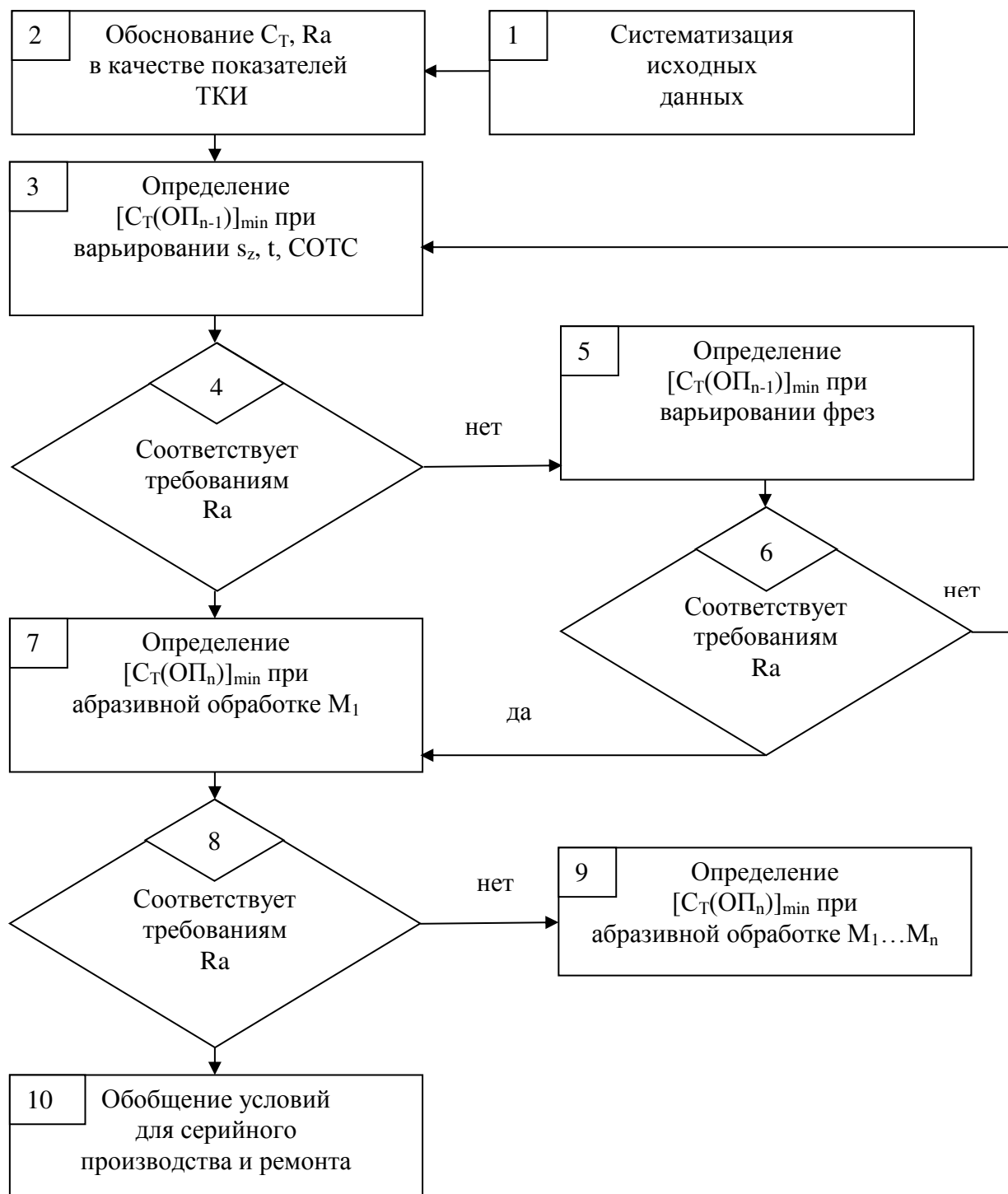


Рис. 2. Укрупненный алгоритм улучшения достигнутого показателя ТКИ – относительной технологической себестоимости C_T при обеспечении заданных параметров шероховатости R_a

Оценка эффективности использования струйно-абразивной, вибрационной, абразивно-экструзионной и магнитно-абразивной обработок, отнесенных в одну группу как объемные методы [4], проведена по значениям относительной технологической себестоимости, определяемой по зависимостям

$$C_T = C_{T-ПР} / C_{T-ОБ}, \quad (1)$$

$$C_{T-ОБ}, C_{T-ПР} = 3 + P_{АО} + P_{АА} + P_{ПП} + Э + P_M,$$

где слагаемые в соответствии с порядком их перечисления обозначены как зарплата в технологических процессах, амортизационные отчисления за эксплуатацию технологического оборудования и оснастки, расходы на электроэнергию и на расходные материалы; $C_{T-ПР}$, $C_{T-ОБ}$ – соответственно технологическая себестоимость обработки прочной части и всей детали.

Зависимости (1) использованы для оценки эффективности применения процесса фрезерования для подготовки исходной поверхности для последующей абразивной обработки. Параметр C_T принят в качестве показателя ТКИ.

Алгоритм улучшения достигнутых показателей ТКИ для рассматриваемого класса деталей приведен на рисунке 2.

Алгоритм приводит процесс решений по нахождению минимальных значений относительной себестоимости при абразивной обработке $C_T(ОП_n)_{\min}$ и при предшествующем фрезеровании $C_T(ОП_{n-1})_{\min}$, когда эти два вида обработок соответствуют своим требованиям обеспечения R_a .

В табл. 2 приведены отдельные направления улучшения базовых показателей ТКИ для условий производства рассматриваемых деталей [5].

Принятые в табл. 2 обозначения: s_z , t – значения подачи на зуб и глубины резания; СОТС – смазочно-охлаждающие технологические среды; РИ – режущий инструмент; ТС – технологическая система.

Таблица 2

Направления улучшения базовых показателей технологичности детали

Технологические операции обработки	Базовый показатель ТКИ	Направления улучшения базовых показателей ТКИ	Прогноз снижения T_{Φ} , T_A , %
1	2	3	4
Чистовое фрезерование по требованиям последующей абразивной обработки	Технологическая себестоимость обеспечения R_a для последующей абразивной обработки T_{Φ}	Регулируемые по пути s_z, t	5...7
		Варьирование СОТС	5...10
		РИ с зачистными характеристиками с повышенной стойкостью	15...30
		Повышение жесткости элементов ТС	5...10

1	2	3	4
Окончательная объемная абразивная обработка	Технологическая себестоимость обеспечения окончательного Ra при абразивной обработки T _A	Варьирование методов объемной обработки: - струйно-абразивная; - вибрационная; - абразивно-экструзионная; - магнитно-абразивная.	В сравнении с ручным полиро- ванием 30...45
		Варьирование технологических условий каждого метода (характеристики абразива, СОТС, режим обработки)	10...15
Операции изготовления заготовок деталей литьем и обработкой давлением	Размер припуска на последующую размерную обработку	Повышение точности процессов формообразования на операциях литья и обработки давлением	15...20

Результаты выполненных решений, отдельные фрагменты которых приведены выше, направлены на решение задач совершенствования проектирования, производства и ремонта одного из сложных классов деталей машиностроения и повышения показателей их технологичности, а так же на расширение масштабов применения таких деталей.

Список литературы

1. Технологичность конструкции изделия: Справочник / Ю. В. Амиров, Т. К. Алферова и др. – М.: Машиностроение, 1990. – 768 с.
2. Вивденко, Ю. Н. Обобщенная схема поверхностного слоя деталей при восстановлении / Ю. Н. Вивденко // Межвуз. тематич. науч. сборник. – Уфа: Изд-во УАК, 1994.
3. Дружинский, И. А. Сложные поверхности: Справочник. – Л.: Машиностроение, 1985. – 263 с.
4. Способ бесцентровой абразивной доводки и устройство для его осуществления / Ю. Н. Вивденко, Н. Г. Макаренко, А. Н. Головаш, Б. В. Кусак Патент на изобретение RUS2344919 17.07.2006.
5. Способ повышения долговечности трибосистем. Н. Г. Макаренко, Ю. Н. Вивденко, О. А. Мамаев, А. А. Красноштанов, В. Р. Эдитаров, С. А. Резин Патент на изобретение, RUS 2250410 16.07.2003.

М. Н. Беховец, В. И. Станчёнков, Д. А. Бейсембаев

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК КОМБИНИРОВАНИЕМ ГАЗОТЕРМИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ И УПРОЧНЕНИЯ

Приведены результаты исследований по определению оптимальных условий упрочнения поверхностным пластическим деформированием деталей узлов и агрегатов транспортного средства в условиях изготовления и восстановления деталей транспортного средства с нанесением восстановительного слоя.

В процессе эксплуатации детали энергетических установок подвергаются абразивному, коррозионному и кавитационному изнашиванию. На основе выполненных разработок предлагается технология повышения износостойкости контактных поверхностей деталей, путем комбинирования процесса нанесения на поверхность газотермического покрытия и его поверхностного пластического деформирования (ППД) [1].

Метод ППД обеспечивает повышение износостойкости, сопротивления усталости, контактной выносливости и других эксплуатационных свойств обрабатываемых деталей на 20 – 50 %, а в некоторых случаях – в 2 – 3 раза (при условии выбора в каждом конкретном случае наиболее рационального метода и оптимальных режимов обработки) [2, 3].

Наряду с обеспечением высокого качества поверхности и поверхностного слоя ППД во многих случаях позволяет механизировать ручной труд и повысить производительность на окончательных операциях за счет применения упрочняющих технологических систем.

К числу способов упрочнения, которые являются наиболее доступными и не требующим специального технологического оборудования, относят обработку обкатыванием и раскатыванием шаровым инструментом.

Механизм взаимодействия шарового инструмента и обрабатываемой поверхности связан с пластической деформацией поверхностного слоя материала в процессе относительного перемещения инструмента и детали. При этом под действием давления со стороны инструмента происходит повышение твердости материала поверхностного слоя и снижение шероховатости

обработанной поверхности по сравнению с исходной. Характеристики качества обработанной поверхности и поверхностного слоя в процессе обработки определяют следующие условия: взаимодействие инструмента и детали, площадь контакта инструмента и детали, значение силы и давления со стороны инструмента, размеры и форма рабочей части инструмента, значение скорости и подачи в процессе обработки.

Пятно контакта шарового инструмента с неподвижным телом цилиндрической формы, как показано на рисунке 1, представляет собой поверхность, ограниченную эллипсом с полуосями a и b .

Рис. 1. Схема для определения площади контакта сферического инструмента с движущимся цилиндрическим телом

С учетом изложенного, передняя часть площади контакта описана линией KK_1K_2 , которая близка к указанному выше эллипсу. Остальная часть этой площади ограничена линией KK_3MK_2 . При этом участки KK_3 , K_3M , MK_2 являются кривыми, близкими к участкам эллипсов. Площадь контакта в

процессе обкатывания может быть определена по формуле:

$$F_k = \frac{8}{3} R_{\text{ш}} \sqrt{\frac{R_{\text{д}}}{R_{\text{д}} \pm R_{\text{ш}}} \left[\sqrt{(h + w)w} + w + \frac{1}{4} \sqrt{wh} \right]},$$

где $R_{\text{д}}$ и $R_{\text{ш}}$ – радиус сферической поверхности инструмента и радиус детали; h – значение остаточной деформации материала поверхностного слоя, определяемая экспериментально; w – суммарная величина упругих деформаций инструмента и детали в зоне их контакта, определяемая по формулам теории упругости.

Знак «+» в знаменателе выражения под первым корнем соответствует случаю обработки наружных цилиндрических поверхностей; где знак «±» – внутренних поверхностей. При обкатывании деталей из разных сталей шаровым инструментом на рекомендуемых режимах при давлении 1000 – 2500 МПа площадь контакта составляет $F_k = 0,3 - 1,1 \text{ мм}^2$.

Проведение опытных работ по определению оптимальных условий упрочнения выполнено применительно к двум вариантам работ:

- при изготовлении деталей из основного материала;
- в условиях восстановления изношенных деталей с нанесением покрытия газопламенным напылением [4].

Технологические режимы при обкатывании и раскатывании назначают исходя из твердости обрабатываемого материала, жесткости детали и ее диаметра, схемы обработки (самоуравновешенной или не самоуравновешенной), исходных и требуемых параметров шероховатости поверхностного слоя.

При назначении условий обработки руководствуются требованиями получения выходных параметров процесса упрочнения.

Так, твердость материала поверхностного слоя детали определяется значением контактного давления, а глубина упрочненного слоя размером шарового инструмента. Силу нагружения рассчитывают в зависимости от контактного давления шара.

Производительность процесса, равномерность упрочнения и шероховатость поверхности определяются скоростью, значением подачи и числом переходов [5].

В табл. 1 приведены технологические режимы раскатывания

внутренних поверхностей и обкатывания наружных поверхностей деталей, материалами которых являются составы средней и повышенной твердости, с применением упругих раскатников, работающих по самоуравновешенной схеме.

Таблица 1

Технологические режимы раскатывания и обкатывания

Параметры режима обработки	Диаметр обрабатываемой поверхности, мм			
	25–60	60–140	140–180	180–450
Сила обработки, Н	250–350	450–550	550–650	750–850
Подача, мм/об	0,12–0,24	0,25–0,30	0,25–0,35	0,35–0,45
Скорость обработки, м/мин	50–60	50–60	50–60	50–60
Параметр шероховатости Ra , мкм:				
–исходной	1,6–6,3	1,6–6,3	1,6–6,3	1,6–6,3
–обеспечиваемый	0,2–0,4	0,2–0,4	0,2–0,4	0,2–0,4

Характерные детали и полученные результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

Детали, условия и результаты технологического воздействия

Деталь	Обрабатываемые поверхности		Порошки газопламенного напыления	Эксплуатационные свойства	
	Тип	Материал		Требования	Прогноз повышения
Шток направляющий	Наружная цилиндрическая	30ХГТ	Ni–23Al–3Cr	износостойкость	1,5–2,8
Седло клапана	Наружная конусная	17Х18Н	Ni–20Al–5Cr	износостойкость	2,0–2,3
Фланец опорный	Наружная плоская	08Х22Н	Ni–20Cr–2В	эрозионная стойкость	2,0–2,5
	Внутренняя цилиндрическая				
Опора	Наружная плоская	65ГТ	Ni–23Al–3Cr	порочность	1,5–1,7
	Внутренняя цилиндрическая			твердость	

Износостойкость высоконагруженных деталей, оцененная продолжительностью эксплуатации до заданного износа, удалось повысить в 1,5 – 2 раза.

Список литературы

1. Зоткин, В. Е. Методология выбора материалов и упрочняющих технологий в машиностроении / В. Е. Зоткин – М.: Высшая школа, 2004. – 264 с.
2. Восстановление деталей машин: Справочник / Ф. И. Пантелеенко, В. П. Лялякин и др. – М.: Машиностроение, 2003 – 672с.
3. Вивденко, Ю. Н. Методы подобия и моделирование в технологии машиностроения: Учебное пособие / Ю. Н. Вивденко – Омск: Изд-во ОмГТУ, 1998. – 108 с.
4. Способ бесцентровой абразивной доводки и устройство для его осуществления. Ю. Н. Вивденко, Н. Г. Макаренко, А. Н. Головащ, Б. В. Кусак Патент на изобретение RUS2344919 17.07.2006.
5. Способ повышения долговечности трибосистем. Н. Г. Макаренко, Ю. Н. Вивденко, О. А. Мамаев, А. А. Красноштанов, В. Р. Эдитаров, С. А. Резин Патент на изобретение, RUS 2250410 16.07.2003.

УДК 621.004

П. В. Выходцев

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

В статье раскрываются возможности применения моделирования в теплоэнергетических процессах. Показан краткий обзор основных форм для моделирования. Представлен пример разработанного видеоролика, в котором визуализирована принципиальная тепловая схема ТЭЦ.

В теплоэнергетике существуют множество сложных процессов, функционирование которых проблематично представить, поэтому в данном случае наиболее эффективно применять различные модели этих процессов.

Можно выделить следующие основные формы моделей:

1. Знаковые;
2. Графическое;
3. Физические.

Эти формы позволяют наглядно представить любые объекты, процессы и явления. Именно поэтому их необходимо применять в теплоэнергетике.

В этой связи целью данной работы является исследование всех форм для моделирования теплоэнергетических процессов.

Знаковые модели – это модели представленные в виде формул, текста и программ на языке программирования. В пример можно привести формулу, которая позволяет вычислить количество теплоты необходимое для изменения температуры некоторого тела массой m :

$$Q = cm(t_2 - t_1) = cm\Delta t, \quad (1)$$

где c – теплоёмкость вещества (Дж/кг·К), t_1 и t_2 – начальная и конечная температуры (°С или К).

Из этой формулы можно сделать вывод:

- если $t_2 > t_1$, то $Q > 0$ – тело нагревается (получает теплоту);
- если $t_2 < t_1$, то $Q < 0$ – тело охлаждается (отдаёт теплоту).

Словесные модели – это устное или письменное представление модели. Эти модели относятся к группе знаковых. Самые простые примеры таких моделей – это специализированные книги по теплоэнергетике, где описаны всевозможные процессы, а так же таблицы (пример: табл. 1).

Таблица 1

Строение твердых, жидких и газообразных тел

Критерии сравнения	Газ	Жидкость	Твердое тело
Характер движения молекул	Двигаются свободно по всему объёму	Колеблются на месте, перескакивают с места на место	Колеблются на месте
Взаимодействие молекул	Слабое	Сильное	Огромное
Основные свойства	1. Не имеет формы 2. Не сохраняет объем 3. Сжимается	1. Не имеет формы 2. Сохраняет объем 3. Не сжимаема 4. Текуча	1. Сохраняет форму 2. Сохраняет объём 3. Не сжимаема

Графические модели – чертежи (рис. 1), схемы, графики, диаграммы и т.д. Они передают внешние признаки объекта. Это самые распространенные модели, так как они удобны и позволяют наглядно увидеть объект, его внутреннее устройство. Проанализировав рис. 1 мы можем понять схему котла и его принцип действия.

Видеоролики так же являются графическими моделями. На сегодняшний

день видеоролики являются одной из самых перспективных технологий мультимедиа, которая формирует мультимедийное представление информации и позволяет наглядно представить любые объекты, процессы и явления [1]. Поэтому с помощью видеороликов можно эффективно, а главное, доступно, донести любую информацию.

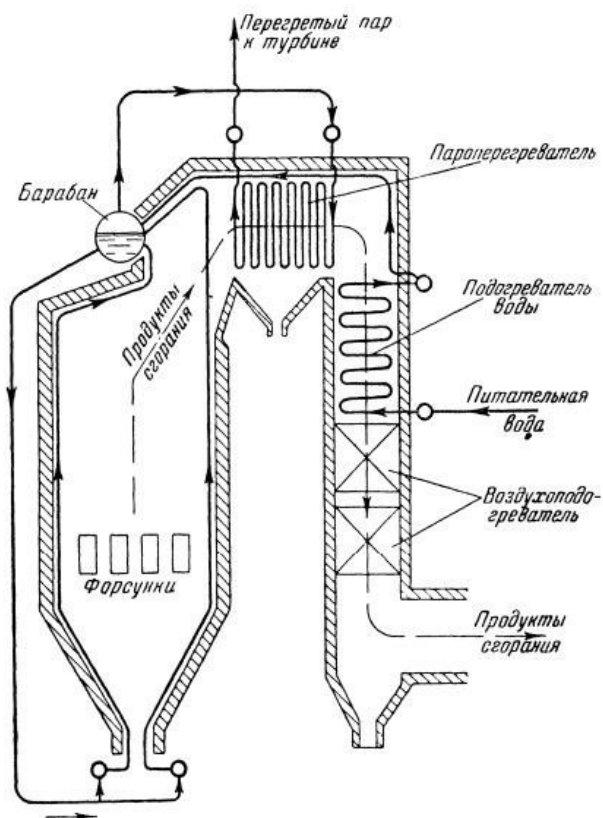


Рис. 1. Схема котла с естественной циркуляцией

На рис. 2 продемонстрирован фрагмент из видеоролика, в котором зафиксирован момент рисования автором принципиальной тепловой схемы ТЭЦ с помощью маркера.

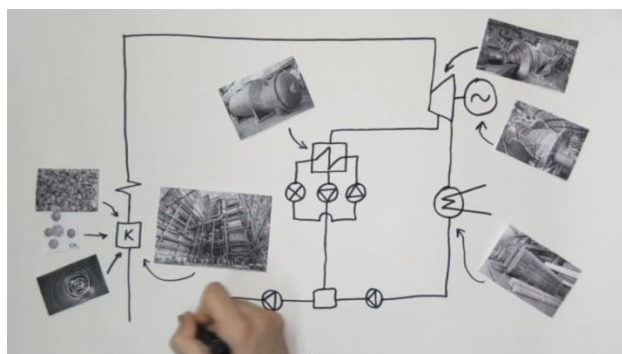


Рис. 2. Фрагмент с изображением процесса рисования принципиальной тепловой схемы ТЭЦ

Физические модели — это модели, создаваемые путем замены

моделирующими устройствами, которые имитируют определенные характеристики либо свойства этих объектов. Чем больше параметров системы выбирается для исследования, тем более объективно можно судить о поведении системы. Теория подобия является основой для физического моделирования. В нём сохраняются особенности проведения эксперимента в натуре с соблюдением оптимального диапазона изменения соответствующих физических параметров. Так же в этих моделях используют эффект масштаба в случае возможности пропорционального применения всего комплекса изучаемых свойств.

На рис. 3 изображен пример физического моделирования теплоэнергетических процессов. Эта лабораторная установка предназначена для изучения процессов теплообмена между системами пар-жидкость, жидкость-газ в трубчатых рекуперативных теплообменниках. С её помощью можно изучить:

1. Работу теплообменных аппаратов;
2. Определить тепловые нагрузки и потери тепла;
3. Определение термического сопротивления материала теплоизоляции;
4. Зависимость коэффициента теплопередачи от скорости движения жидкой или газовой среды.



Рис. 3. Учебная лабораторная установка

Все выше описанное подтверждает необходимость большего внедрения различных форм моделирования в теплоэнергетику. С их помощью легче описывать и изучать теплоэнергетические процессы.

Список литературы

1. Советов, Б. Я., Цехановский В. В. Информационные технологии: Учебник [Текст] / Б. Я. Советов, В. В. Цехановский. – М.: Юрайт, 2016. – 264 с.
2. Физическая модель (моделирование) [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1883590> [Дата обращения 16.03.2018].
3. Рычков, А. Д. Моделирование в теплоэнергетике: Вычислительные технологии [Текст] / Институт вычислительных технологий СО РАН. – Новосибирск. - 2002. - № 7(2). – С. 94 - 105.

УДК 629.4.016.2

В. Ф. Тарута, С. В. Глухов, М. В. Глухова

ОБ УТИЛИЗАЦИИ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕОСТАТНЫХ ИСПЫТАНИЙ ТЕПЛОВОЗОВ

В статье приведена оценка величины тепловой энергии, которая может быть утилизирована на выходе дымовых газов из дизельного двигателя тепловоза ТЭМ18ДМ в процессе проведения его реостатных испытаний. Приведены варианты полезного использования данной тепловой энергии.

Одним из приоритетных направлений дальнейшего развития и совершенствования организации технического обслуживания и ремонта локомотивов является использование ресурсосберегающих технологий, разработка и внедрение программ энерго- и ресурсосбережения.

Основой ресурсосбережения в локомотивном комплексе является экономное использование дизельного топлива и электроэнергии. В настоящее время основные усилия, направленные на достижение данной цели, заключаются в повышении энергетической эффективности локомотивов, в частности, на снижение потребления топлива – энергетических ресурсов (ТЭР) на единицу выполненной работы [1] или так называемые ресурсосберегающие технологии. В то же время, мало внимания уделяется внедрению малоотходных технологий, которые являются перспективным резервом экономии ТЭР.

Вторичные энергетические ресурсы (ВЭР) – значительные потери тепла с

отходящими газами являются «отходами производства» в работе тепловоза. Известно, что тепло, выделяющееся при сгорании топлива, не все переходит в полезную механическую работу – часть тепла уносится с охлаждающими водой и маслом, отработавшими газами.

Отработавшие газы имеют высокую температуру и уносят значительное количество тепловой энергии (Q_{Γ}), которое может быть подсчитано по формуле:

$$Q_{\Gamma} = c_{\Gamma} \cdot B_{\text{ч}} \cdot (1 + \alpha_{\text{ц}} \cdot L_0') \cdot (t_{\Gamma} - t_0), \quad (1)$$

где c_{Γ} – удельная теплоемкость выпускных газов, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$; $B_{\text{ч}}$ – часовой расход топлива, кг/ч; $\alpha_{\text{ц}}$ – коэффициент избытка воздуха в цилиндре дизеля принимаемый в диапазоне 1,8-2,2; L_0' – стехиометрическое соотношение дизельного топлива; t_{Γ} – температура выпускных газов, $^\circ\text{C}$; t_0 – температура окружающего воздуха, $^\circ\text{C}$.

Эта тепловая энергия достаточно полно используется в стационарных и судовых энергетических установках [2]. Применение выпускных газов двигателя в качестве греющего теплоносителя в водогрейных или паровых котлах-утилизаторах, позволяет полезно использовать большую часть тепловой энергии уносимой с газами на выходе из двигателя.

Особенности эксплуатации тепловозных дизелей не позволяют воспользоваться традиционными для судовой и стационарной энергетики техническими решениями по утилизации этой энергии. Однако в технологическом цикле работы тепловозных дизелей существуют режимы, когда теплоту отработавших газов дизеля можно использовать в полной мере. Это – реостатные (нагрузочные) испытания тепловозов.

Нагрузочные испытания тепловозов проводятся как после определенных видов ремонта, так и в процессе их работы при неудовлетворительных теплотехнических показателях. В процессе испытаний дизель-генераторные установки (ДГУ) тепловозов значительное время работают под нагрузкой, находясь на стационарной испытательной площадке – станции реостатных испытаний. В работе [3] была предпринята попытка оценки возможности использования энергии, выработанной ДГУ тепловоза и затраченной на нагрев воды в реостатном баке.

В то же время остается неиспользованным еще один из резервов ресурсосберегающих технологий – утилизация тепла выпускных газов. При проведении полных (обкаточных и сдаточных) реостатных испытаний

тепловоза ТЭМ18ДМ (табл. 1).

Таблица 1

Виды нагрузочных (реостатных) испытаний

Обкаточные									Сдаточные		
Позиция контроллера машиниста											
0	1	2	3	4	5	6	7	8	6	7	8
Время работы ДГУ, мин											
10	10	10	15	20	25	40	60	50	5	15	40

При этом с остаточными газами в атмосферу выбрасывается значительное количество тепла (табл. 2). По имеющимся данным [4] количество тепла, которое может быть использовано из отходящих газов дизеля прямо пропорционально мощности, вырабатываемой ДГУ тепловоза (рис. 1).

Таблица 2

Энергетические потери при проведении реостатных испытаний
тепловоза ТЭМ18ДМ

Позиция контроллера	Мощность ДГУ, кВт	Время работы ДГУ, мин	Расход топлива, кг	Тепловая энергия, кДж
Обкаточные испытания				
1	25	10	2,83	42,05
2	85	10	7,0	141,10
3	130	15	9,0	323,09
4	230	20	24,7	760,95
5	350	25	40,8	1446,44
6	490	40	90,7	3238,76
7	630	60	183,0	6244,84
8	740	50	188,3	6112,00
Сдаточные испытания				
6	490	5	11,3	404,85
7	630	15	45,8	1561,21
8	740	40	150,7	4889,60

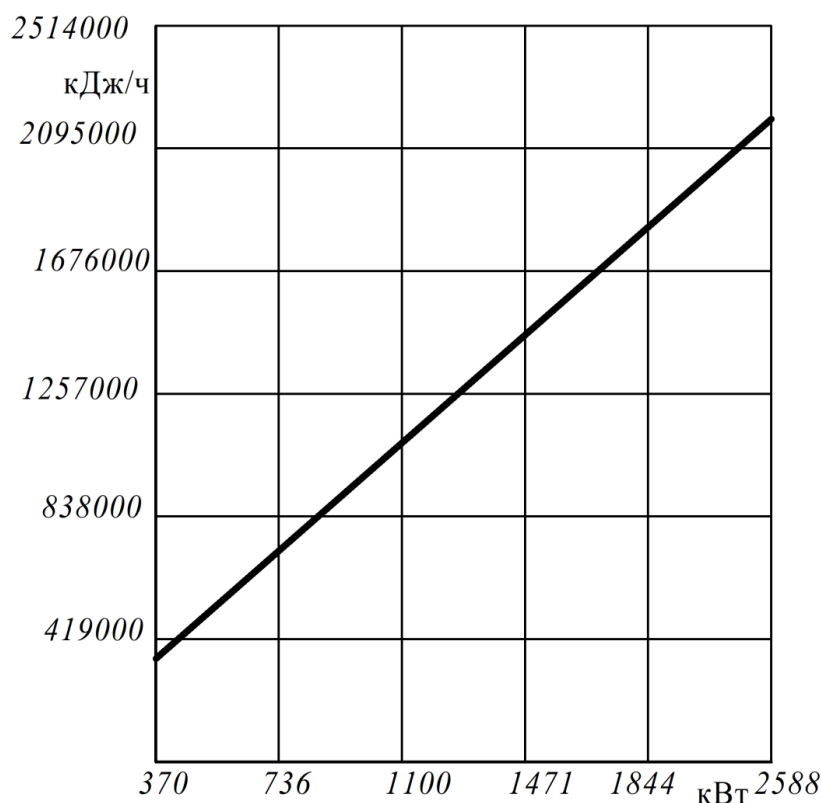


Рис. 1. Зависимость количества тепловой энергии, которое может быть использовано из отходящих газов дизеля, от его мощности

Таким образом, количество тепла, уносимого в атмосферу при проведении реостатных испытаний тепловоза может достигать значений, приведенных в табл. 2.

Таким образом, количество тепловой энергии которое может быть утилизировано за цикл реостатных испытаний тепловоза ТЭМ18ДМ эквивалентно 2,51 ГДж тепловой энергии или в рублевом эквиваленте 961 р. (при средневзвешенном тарифе на тепловую энергию 1600 р./Гкал).

Тепловой баланс тепловозного дизеля с газотурбинным наддувом показывает, что в среднем 41,5% тепла, получаемого при сгорании топлива, превращается в эффективную работу. Потери с выпускными газами составляют (по разным оценкам) от 32 до 40 % [5]

Технически не сложно установить на станции реостатных испытаний предназначенную для этих целей установку, конструктивные варианты которой могут быть различными. При этом следует помнить, что большую эффективность могут дать технологии, разрабатывающиеся на основе инновационных решений.

Например, в статье [6] проводится исследование схем утилизации тепла отработавших газов поршневых ДВС в составе когенерационной установки.

Возможны и другие варианты использования тепла уходящих газов ДГУ. Например, использование тепловых аккумуляторов совместно с тепловыми насосами. В любом случае, вопрос требует дополнительных исследований, хотя его актуальность представляется несомненной.

Список литературы

1. Игин, В. Н. Энергоэффективность локомотивов: планирование и прогнозирование / В. Н. Игин // Локомотив. – 2016. – № 4. – С. 10 – 13.
2. Елистратов, Ф. М. Эффективность глубокой утилизации тепла отработавших газов дизелей на судах морского флота / Ф. М. Елистратов // Судостроение. – 1979. – № 9. – С. 20 – 25.
3. Глухов, С. В. Утилизация вторичных энергетических ресурсов при проведении реостатных испытаний / С. В. Глухов, В. Ф. Тарута, М. В. Глухова // Известия Транссиба. – 2015. – №3. – С. 68 – 72.
4. Иконников, С. А. Силовые установки речных судов / С. А. Иконников, Ф. Д. Урланг. – М.: Транспорт, 1971. – 248 с.
5. Локомотивные энергетические установки / А. И. Володин, В. З. Зюбанов и др. – М.: ИПК «Желдориздат», 2002. – 718 с.
6. Выбор схемы утилизации тепла отработавших газов поршневых ДВС и оценка полезного теплоиспользования в составе когенерационной установки / В. Р. Ведрученко, В. В. Крайнов и др. // Омский научный вестник. – Омск, 2015. – №1. – С. 114 – 119.

УДК 662.612.3

Е. Е. Бойко, А. А. Францева, П. А. Щинников

МОДЕЛЬ ГОРЕНИЯ ТОНКОДИСПЕРСНОГО ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА В ЦИКЛОННОМ ПРЕДТОПКЕ

В статье представлена кинетическая модель горения тонкодисперсного водоугольного топлива в циклонном предтопке. Модель основана на конвективно-кондуктивном переносе теплоты, так как критерий $Bi < 0,5$ для таких процессов при одновременном значении критерия $Fo > 5$.

В энергетике совершенствованию топлив и развития процессов сжигания уделяют большое внимание. К этому направлению следует отнести технологию

получения тонко-дисперсной водоугольной суспензии (ТД ВУС) и ее сжигание в циклонном предтопке [1, 2]. Топливо считается перспективным, поэтому изучение процессов воспламенения и сжигания такого топлива продолжает оставаться актуальным.

Особенностью сжигания водоугольных топлив является большое содержания влаги в них (в общем случае до 80 %). Это требует значительных затрат энергии на испарение на начальном участке горения, кроме того, образовавшийся пар принимает участие в паровой газификации коксового остатка с образованием горючих летучих в виде СО и Н₂.

Приближенность моделирования процесса в циклонном предтопке обуславливается в первую очередь такими допущениями: квазистационарность процесса; постоянство теплоемкостей и коэффициентов теплоотдачи, значения которых соответствуют средней температуре процесса; изотермичность частиц топлива, однородность газовзвеси; инертность компонентов золы; учет определяющих химических реакций взаимодействия с окислителем; одномерность потока.

Термическим сопротивлением частиц топлива можно пренебречь, так как значение критерия Фурье $Fo = \frac{a \cdot \tau}{\delta^2} > 5$ и одновременно критерий Био

$Bi = 0,5 \frac{\alpha \cdot \delta}{\lambda} < 0,5$, где $\lambda, \alpha, a, \tau, \delta$ – коэффициенты теплопроводности, теплопередачи, температуропроводности, время, диаметр частиц топлива. Конвективно-кондуктивный теплообмен от газа к частице превалирует над переносом теплоты радиацией [4, 7, 9], поэтому лучистая составляющая процесса может не учитываться, либо учитываться приближенно.

Полагая, что топливо движется внутри некоторого канала, который, в свою очередь, закручен по образующей предтопка, уравнение процесса можно представить в виде:

$$\frac{dT_{\Gamma}}{d\tau} = -A_{\Gamma}T_{\Gamma} + F_{\Gamma}. \quad (1)$$

В уравнении (1):

$$A_{\Gamma} = \psi_y \frac{1}{V_{\text{см}} c_{\text{см}}} \left(\frac{\text{Nu} \lambda}{d_{\text{тр}}} + \alpha_p \right) = 3 \text{Bi} F_o \tau^{-1} \frac{c_y}{V_{\text{см}} c_{\text{см}}} \left(1 + \frac{\alpha_p \psi_y}{3 \text{Bi} F_o c_y \tau^{-1}} \right); \quad (2)$$

$$F_{\Gamma} = \psi_y \frac{1}{V_{\text{см}} c_{\text{см}}} \left(\frac{\text{Nu} \lambda}{d_{\text{тр}}} T_y + \alpha_p T_{\text{ст}} \right) = 3\text{BiFo} \tau^{-1} \frac{c_y}{V_{\text{см}} c_{\text{см}}} T_{\text{ст}} \left(\frac{T_y}{T_{\text{ст}}} + \frac{\alpha_p \psi_y}{3\text{BiFo} c_y \tau^{-1}} \right), \quad (3)$$

где $T_{\text{ст}}$, T_y – температура стенки и частиц топлива; α_p – радиационный коэффициент теплоотдачи [10]; $\psi_y = \frac{6}{\delta \rho_y}$ – поверхность частицы на 1 кг топлива; $d_{\text{тр}}$ – диаметр канала; ρ_y – плотность угольных частиц.

После интегрирования (с использованием преобразования Лапласа) получим:

$$\begin{aligned} T_{\Gamma} &= T_{\text{топ}} e^{-A_{\Gamma} \tau} + \frac{F_{\Gamma}}{A_{\Gamma}} (1 - e^{-A_{\Gamma} \tau}) = \\ &= T_{\text{топ}} \exp \left[-3\text{BiFo} \tau^{-1} \frac{c_y}{V_{\text{см}} c_{\text{см}}} \left(1 + \frac{\alpha_p \psi_y}{3\text{BiFo} c_y \tau^{-1}} \right) \right] + \\ &+ T_{\text{ст}} \left[\left(\frac{T_y}{T_{\text{ст}}} + \frac{\alpha_p \psi_y}{3\text{BiFo} c_y \tau^{-1}} \right) / \left(1 + \frac{\alpha_p \psi_y}{3\text{BiFo} c_y \tau^{-1}} \right) \right] \times \\ &\times \left\{ 1 - \exp \left[-3\text{BiFo} \tau^{-1} \frac{c_y}{V_{\text{см}} c_{\text{см}}} \left(1 + \frac{\alpha_p \psi_y}{3\text{BiFo} c_y \tau^{-1}} \right) \right] \right\}. \end{aligned} \quad (4)$$

При оценке T_{Γ} в качестве первого приближения можно принять:

$$T_{\Gamma} = T_{\text{см}} \exp \left(-3\text{BiFo} \tau^{-1} \frac{c_y}{V_{\text{см}} c_{\text{см}}} \right) + T_{\text{ст}} \left[1 - \exp \left(-3\text{BiFo} \tau^{-1} \frac{c_y}{V_{\text{см}} c_{\text{см}}} \right) \right], \quad (5)$$

где c_y , $c_{\text{см}}$ – теплоемкость частиц топлива и газовзвеси.

Уравнение для изменения температуры частиц топлива во времени, учитывающее конвективно-кондуктивный механизм переноса теплоты в газовзвеси, тепловые эффекты $\sum Q_i f_i$ термохимических реакций (в том числе и при выделении летучих), с учетом принятого методического подхода имеет вид:

$$\frac{dT_y}{d\tau} = -A_y T_y + F_y. \quad (6)$$

В этом выражении:

$$A_y = \psi_y \frac{\text{Nu} \lambda}{c_y d_{\text{тр}}} = 3\text{BiFo} \tau^{-1}; \quad (7)$$

$$F_y = \psi_y \frac{\text{Nu}\lambda}{c_y d_{\text{тр}}} T_{\Gamma} + \frac{1}{c_y} \sum Q_i f_i = 3\text{BiFo}\tau^{-1} T_{\Gamma} \left(1 + \frac{1}{3\text{BiFo}c_y T_{\Gamma} \tau^{-1}} \sum Q_i f_i \right). \quad (8)$$

После интегрирования получим:

$$T_y = T_{\text{см}} e^{-3\text{BiFo}} + T_{\Gamma} \left(1 + \frac{1}{3\text{BiFo}c_y T_{\Gamma} \tau^{-1}} \sum Q_i f_i \right) (1 - e^{-3\text{BiFo}}), \quad (9)$$

где начальная температура частиц принята на уровне $T_{\text{см}}$.

Внутри труб движется химически реагирующая паротопливная газовзвесь. Теплогидравлические характеристики такого потока могут быть получены на основе [9] с учетом [8, 11].

Коэффициент теплопроводности для газовзвеси определяется с учетом [8, 9]:

$$\lambda = \lambda_{\Gamma} + \lambda_{\text{ТБ}} + \lambda_{n,T}, \quad (10)$$

где λ_{Γ} , $\lambda_{n,T}$, $\lambda_{\text{ТБ}}$ – коэффициенты теплопроводности, кажущейся теплопроводности, турбулентной теплопроводности.

Коэффициент турбулентной теплопроводности:

$$\lambda_{\text{ТБ}} = 0,9 l^2 D_1 \sqrt{\xi} \frac{c_{\text{см}} \rho_{\text{ст}} w_m}{0,5 d \text{Pr}_{\text{ТБ}}} \left(0,5 d / y \right)^{1-0,8 \sqrt{\xi}}. \quad (11)$$

В этой формуле $y = 0,25d$; $c_{\text{см}} = 2,3 \left(\frac{T_{\Gamma}}{273} \right)^{0,1}$; $l = 0,08d \left(2y/d \right)^{0,8}$ – длина пути смешения; $D_1 = \left[\exp\left(-\eta/26\right) \right]^2$ – демпфирующий фактор; $\eta = y \sqrt{\sigma_{\text{ст}} \rho_{\text{ст}} v_{\text{ст}}^{-1}}$ – безразмерная координата (подсчитывается при $T_{\text{ст}}$); $\sigma_{\text{ст}} = \xi \rho_{\text{ст}} w^2 / 8$ – касательное напряжение; $\xi = (1,828 \lg \text{Re} - 1,64)^2$; $\text{Pr}_{\text{ТБ}} = 1,2 - 0,45 \exp\left(-1,5 \cdot 10^{-5} \text{Re}\right)$ – число Прандтля; $w_m = w \left(1 - 0,845 / \lg \text{Re} \right)^{-1}$ – скорость на оси трубы.

Кажущийся коэффициент теплопроводности, характеризующий конвективный перенос теплоты частицами топлива:

$$\lambda_{n,T} = \left(\xi_{n,T} / \xi_0 \right) \left(c_y \rho_{\text{ст}} v_{\text{эф}} / \varphi_9 \right) \quad (12)$$

где $\xi_{n,T} / \xi_0$ – относительное гидравлическое сопротивление газовзвеси,

$$\xi_{n,T} / \xi_0 = 0,28 \left(\frac{d}{\delta} \right)^{0,4} K \left(\frac{\frac{w}{\vartheta_B}}{\frac{w^0}{\vartheta_B^0}} \right) \exp \left[-2 \frac{w}{\vartheta_B} \left(\frac{d}{\delta} \right)^{-0,8} \right], \quad (13)$$

$$c_y = 1,09 \left(\frac{T_y}{273} \right), \frac{w^0}{\vartheta_B^0} = 2,73 \left(\frac{d}{\delta} \right)^{0,54}, \rho_{ст} = \rho_0 \left(\frac{273}{T_{ст}} \right). \quad (14)$$

Здесь w – скорость газа; ϑ_B^0 – скорость витания частиц топлива; K – расходная массовая концентрация частиц; φ_ϑ – фактор скоростного скольжения.

Величина ξ_0 определяется законом Блазиуса: $\xi_0 = 0,1364 \text{Re}^{-0,25}$.

Фактор скоростного скольжения:

$$\varphi_\vartheta = 0,09 \left(\frac{w}{\vartheta_B^0} \right)^n \left(\frac{d}{\delta} \right)^m K^c \quad (15)$$

где $n = 0,0937 + 1,1 \left(\frac{d_{тр}}{\delta} \right)^{-0,5} + 0,333 \exp \left(-0,48 \frac{w}{\vartheta_B^0} \right); \quad m = 0,467 \left(\frac{d}{\delta} \right)^{-0,1};$

$$c = 0,0234 \left(\frac{\vartheta_B^2}{g\delta} \right)^{0,26} \exp(-3,5 \cdot 10^{-5} \text{Re}); \quad \text{Re} = \frac{wd}{\nu} \quad - \quad \text{критерий Рейнольдса};$$

$$\nu = 24,6 \cdot 10^{-6} \left(\frac{T_\Gamma}{273} \right)^{1,73} \quad - \quad \text{вязкость газа}; \quad \lambda_\Gamma = 7,49 \cdot 10^{-5} \left(\frac{T_\Gamma}{273} \right)^{0,86} \quad - \quad \text{теплопроводность газа}.$$

Конвективный теплообмен в предтопке описывается уравнением:

$$\text{Nu} = 0,48(1 + 0,3K) \left(\frac{d}{L} \right)^{0,86} \text{Re}^{0,526} \left(\frac{d}{L} \right)^{-0,081}; \quad (16)$$

где L - длина канала преобразований топлива.

Таким образом, представлена приближенная физическая модель процесса воспламенения и горения ТД ВУС. При этом сначала, по мере движения

топлива в среде окисления (воздуха) происходит испарение влаги, а затем, воспламенение и горение топлива и продуктов пиролиза.

Расчетный эксперимент (табл. 1) показывает работоспособность модели. Можно видеть, что для предтопка с тепловой мощностью 50 МВт (характерна для отопительной установки коттеджа) и при расчетном времени реагирования $\tau = 1$ с, время испарения влаги из ТД ВУС при $W^p = 0,4$ кг/кг составит 2 с.

Таблица 1

Результаты расчетов горения ТД ВУС на основе Кузнецкого угля марки ОС с соотношением твердой и жидкой фазы 2:3

Наименование параметра	Размерность	Величина
Тепловая мощность циклонного предтопка	кВт	50
Низшая рабочая теплота сгорания ТД ВУС	МДж/кг	13,8
Расход ТД ВУС	кг/с	0,0036
Диаметр канала горения	мм	60
Скорость смеси на оси канала горения	м/с	32
Коэффициент теплоотдачи конвекцией	Вт/м ² К	20
Критерий Bi		$1,5 \cdot 10^{-3}$
Критерий Fo		230
Время реакции	с	1
Время выхода влаги	с	2
Линейная скорость потока по фронту горения	м/с	0,36

Выводы:

1. Представлена кинетическая модель горения тонкодисперсного водоугольного топлива в циклонном предтопке в основе которой лежит конвективно-кондуктивный теплообмен.

2. На примере расчетов показана работоспособность модели. При этом показано, что для ТД ВУС на основе Кузнецкого угля марки ОС и содержанием влаги 40 % при сжигании в ЦП тепловой мощностью 50 кВт полное время процесса составит 3 секунды, а время испарения влаги 2 секунды.

Список литературы

1. Овчинников, Ю. В. Проблемы сжигания водоугольных топлив и предложения по разработке технологии сжигания / Ю. В. Овчинников, Е. Е. Бойко, Ф. А. Серант // Доклады АН ВШ РФ. – 2015. – №1 (26). – С. 85 – 93.

2. Бойко, Е. Е. Результаты исследования расплавления, воспламенения и сжигания ИКЖТ в котлоагрегате с циклонным предтопком / Е. Е. Бойко, Ю. В. Овчинников // Проблемы энергетика: Сб. науч. трудов по материалам 12 международной научн.-техн. конференции. – Саратов: Изд-во СГТУ, 2014. – Вып.3. – С. 250 – 253.

3. Математическая модель процессов пиролиза и газификации угля / Р. А. Калинин, А. А. Левицкий и др. // Кинетика и катализ. – 1978. – Т. 28. – вып. 3. – С. 723 – 729.

4. Проблема разработки теории горения твердого топлива / В. В. Померанцев, С. М. Шестаков и др. // Горение органического топлива: Материалы Всесоюзной конференции. – Новосибирск: ИТФ СО АН СССР, 1985. – ч.1. – С. 22 – 32.

5. Печенегов, Ю. Я. Моделирование и расчет теплообмена одно- и двухфазных систем в трубчатых аппаратах: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.14.14. – Саратов, 1988. – 37 с.

6. Ноздренко, Г. В. Эффективность применения в энергетике КАТЭКа экологически перспективных энерготехнологических блоков электростанций с новыми технологиями использования угля / Г. В. Ноздренко. – Новосибирск.: НЭТИ, 1992. – 261 с.

7. Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод. Под ред. Н. В. Кузнецова и др. – М.: Энергия, 1973. – 296 с.

УДК 621.311.2.002.5:621.182.2/6:004.415

Д. А. Крюков, Е. С. Воронцова

ПРОГРАММНО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ РАБОТ ПО ПРИЕМКЕ И КОНТРОЛЮ ТОПЛИВА НА ОБЪЕКТАХ ЭНЕРГЕТИКИ

На крупных энергетических объектах, использующих котельное оборудование, перед сжиганием топлива ведется целый комплекс по его приемке, контролю качества и отгрузке на склады. Ввиду сложности как самого процесса, так и взаимодействия подразделений объекта, предлагается внедрение автоматизированного комплекса по ведению всех этапов работы, происходящих в нем. Данный комплекс предназначен для повышения оперативности персонала, сокращения времени на работу с документами, повышение уровня контроля и эффективности работы.

Любой энергетический объект проектируется на необходимую потребляемую мощность. Одним из основных типов оборудования выработки

данной мощности являются паровые котлы. От вида сжигаемого топлива полностью зависит конструкция котельного агрегата. Однако по определенным причинам на объектах энергетики существует практика замены исходного вида сжигаемого топлива на топливо со схожими характеристиками. Причинами могут служить как экономический фактор (использование более дешевого и менее качественного топлива), так и фактор того, что качественный состав топлива одного и того же угольного месторождения может иметь отклонения в определенных диапазонах. Но даже при незначительных отклонениях качественных характеристик топлива наблюдаются ухудшения работы элементов оборудования и котла в целом.

Поэтому на объектах энергетики проводят целый комплекс мероприятий по контролю качества, а также количества топлива, на соответствие заданным характеристикам [1]. Данный комплекс довольно сложный и включает в себя следующие этапы: приемка топлива на разгрузочной линии, отбор проб и экспресс-анализ при помощи пробоотборников и экспресс-анализаторов, лабораторные испытания в химических лабораториях предприятия и разгрузка на складах топлива. Порядок работы подразделений и взаимодействие друг с другом могут вызывать сложности в работе, так как все документы и акты представляются в бумажном виде и заполняются вручную. Вследствие данных факторов авторами данной статьи предлагается внедрение автоматизированного комплекса по приемке и работе с топливом [2].

При работе с программой сотруднику должна предоставляться возможность работы с документами в любое время. Поэтому для удобства поиска и, как следствие, сокращения времени поиска необходимого документа нужно обеспечить доступ к файлам при помощи работы с графическим интерфейсом. Данный интерфейс так же предоставит возможность добавления новых файлов, их редактирования и удаления старых файлов.

Для создания программного комплекса был использован объектно-ориентированный язык программирования C# (компания *Microsoft*, 2001 год). Также был использован инструмент для создания программного обеспечения *Microsoft Visual Studio* в качестве среды разработки. Данная утилита дает возможность разработки приложений с пользовательским (графически) интерфейсом (рис. 1).

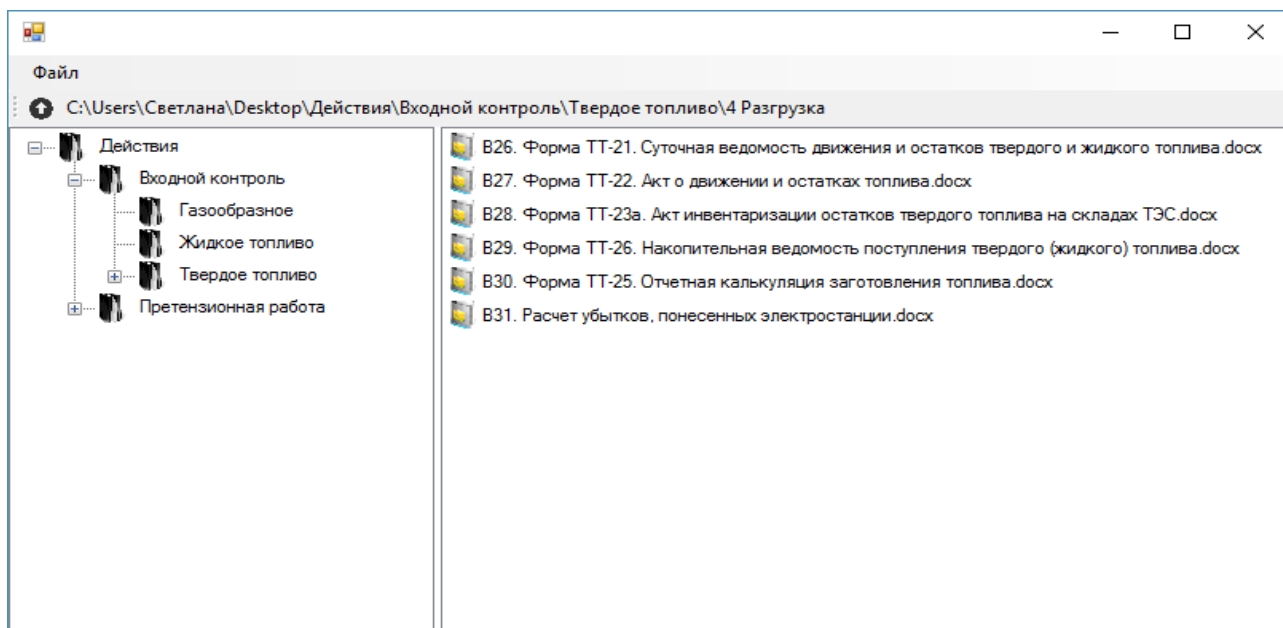


Рис. 1. Интерфейс программного комплекса

При разработке программного комплекса авторы руководствовались следующими требованиями: работа ПО на ОС *Microsoft Windows*; возможность архивирования документов при заданном расписании; поддержка документов различного формата (*docx*, *pdf*, *rtf*, *txt* и т.д.); наличие графического интерфейса.

Программа поддерживает возможность указать путь к конкретной папке с расположенными в ней файлами, необходимыми для работы. Для этого нужно выполнить следующие действия: выбрать пункт в верхнем меню программы «Файл», затем «Настройки» и «Путь к корневой папке». Каталог документов может храниться как на локальном диске ПК, так и на общем сервере сети предприятия. Возможность добавления и удаления файлов осуществляется посредством контекстного меню (рис. 2).

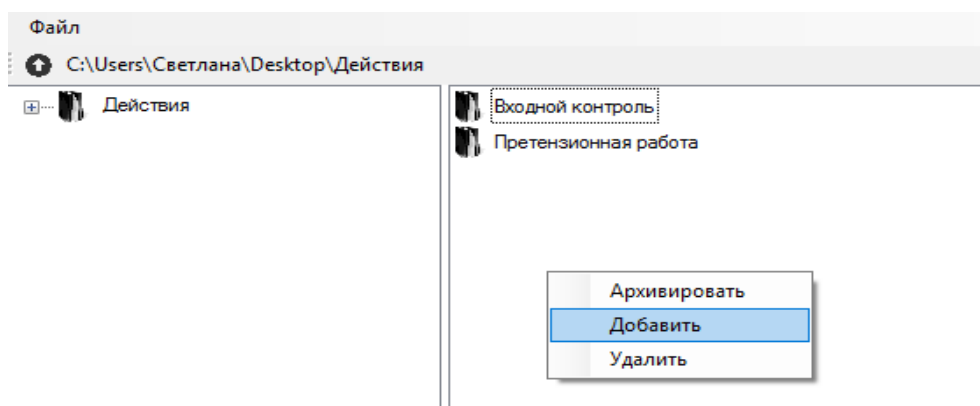


Рис. 2. Контекстное меню программы

Возможность создания автоматического архивирования документов согласно установленному расписанию осуществляется посредством инструмента «Настройка архивирования». Для этого необходимо выбрать пункт в верхнем меню программы «Файл», затем «Настройки» и «Настройка архивирования». В появившемся окне программы указывается куда происходит перемещение файла и откуда, а также интервал времени, через который происходит замена файлов (рис. 3).

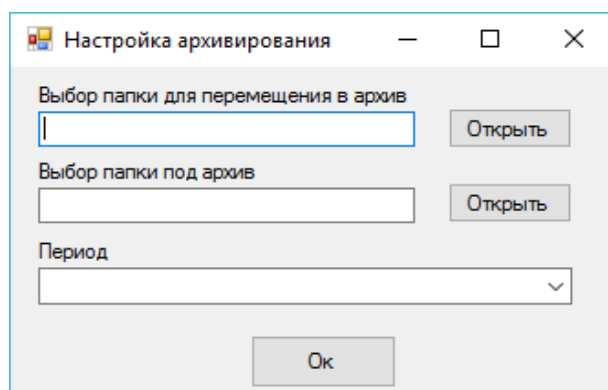


Рис. 3. Настройка архивирования

Открытие самих документов происходит посредством двойного нажатия левой кнопкой мыши в правом окне программы (рис. 1) при помощи текстовых редакторов, установленных на ПК.

Итогом работы служит программный продукт «*SLG FUEL*», рассчитанный на работу в сети предприятий с уклоном под специфику работы, ввиду использования различных типов оборудования. Предприятие имеет свой собственный набор документов, нормативно-технической базы, актов и др. Для хранения всех видов документов предприятия должен использоваться компьютер-сервер, которым будет оперировать системный администратор.

На начальном этапе работы необходимо выбрать вид топлива. Далее нужно выбрать одно из подразделений объекта: узел учета топлива; комплекс контроля качества топлива; химическая лаборатория; разгрузка. После выбора одного из подразделений открывается новое окно, включающее в себя следующие пункты: общие документы; текущие документы; НТД; шаблоны; архив.

Общие документы – данный вид документов предусматривает возможность работы всеми подразделениями. Только ответственное подразделение имеет право вносить изменения. Текущие документы – действующие документы, которые хранятся в данном разделе до тех пор, пока

не будут актуализированы новыми, при этом отправляясь в архив. Нормативно-техническая документация (НТД) – СТО, СО, ГОСТы, РД и т.д., действующие на текущий момент на определенном предприятии. Также составляется реестр, включающий в себя внутренние документы объекта для упрощения работы с НТД. Шаблоны – формы различных документов с заполненными полями, соответствующие нормативной базе, а также принятые и утвержденные формы. Архив – раздел, предназначенный для хранения документов. Включает в себя для каждого месяца года двенадцать ячеек. Архив также находится в общем доступе.

На начальном этапе работы с программой также имеется раздел «Претензионная работа». Данный раздел предназначен для ведения претензионных работ по несоответствию качественных или количественных характеристик, а также нарушений сроков поставки топлива [3]. Схема по претензионной работе идентична схеме по входному контролю.

Заключение

Разработан программный комплекс согласно сформированным требованиям. Комплекс имеет такие возможности, как: работа с файлами; заполнение документов на основе шаблонов; архивирование документов по заданному расписанию.

Внедрение данного программного продукта способствует решению таких задач, как: безошибочное и своевременное заполнение документов, и, как следствие, сокращение времени на выполнение отдельных операций с данными, также обеспечение актуализации нормативно-технической базы в короткие сроки и снижение рисков ухудшения или отказов в работе оборудования при выявлении каких-либо нарушений.

Список литературы

1. Крюков, Д. А. Обобщенное представление работы с энергетическим топливом на крупных объектах энергетики / Д. А. Крюков, Е. С. Воронцова // Современные тенденции котлостроения: Материалы международной научно-практической конференции студентов и аспирантов. – Барнаул, 2017 / Алтайский гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова (АлтГТУ). – 2017. – С. 42 – 44.
2. Kleshnya, Vadim. Automated Complex Project on the Organization Claim Works With Fuel [Electronic resource] / V. Kleshnya, E. S. Vorontsova, T. S. Taylasheva // MATEC Web of Conferences. – 2017. – Vol. 91 : Smart Grids 2017. – [01025, 4 p.].

3. Воронцова, Е. С. Организация работы с энергетическим топливом / Е. С. Воронцова, У. В. Дорохова // Современные техника и технологии: Сборник трудов XVIII международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – Томск, 2012. – Т.3. – С. 169 – 170.

УДК 621.311

А. А. Зуева, П. А. Щинников

ВАРИАНТЫ ПГУ С ПРЕИМУЩЕСТВЕННЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УГЛЯ

В статье рассматриваются разные варианты ПГУ с преимущественным сжиганием угля. Проводится их сравнение. Показано, что теплофикационные ПГУ с бинарностью меньше единицы могут иметь КПД выработки электроэнергии на тепловом потреблении в 1,6 раз выше, чем аналогичные ПГУ бинарного типа с коэффициентом бинарности равным единице, а КПД нетто ПГУ с закритическими параметрами острого пара может быть на 8% выше, чем у аналогичной установки с докритическими параметрами пара.

Повышение эффективности топливоиспользования в энергетических установках – актуальная задача. Одним из путей повышения эффективности в области генерации энергии является применение ПГУ с коэффициентом бинарности меньше единицы, что позволяет использовать в парогазовом цикле уголь с наиболее высоким КПД. В этом случае уголь сжигают для генерации пара высоких параметров, а сжигание газа применяют для нагрева воздуха в газотурбиной установке [1-6].

Собственно коэффициент бинарности определяют как:

$$\gamma = \frac{Q_{\text{под}}^{\text{ГТУ}}}{Q_{\text{под}}^{\text{ГТУ}} + Q_{\text{под}}^{\text{ПТУ}}}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{под}}^{\text{ГТУ}}, Q_{\text{под}}^{\text{ПТУ}}$ – подводимая к парогазовой установке (ПГУ) энергия в камеру сгорания газовой турбины и в паровой котел соответственно, МВт.

Этот показатель (γ) характеризует то количество энергии, которое подведено к установке через газотурбинную ее часть по отношению к полной подведенной энергии.

В паровом котле при генерации пара высоких параметров может

использоваться любой вид топлива, в том числе и уголь, в отличие от камеры сгорания газовой турбины, где необходим газ. В этом случае уголь вовлекается в технологию комбинированного цикла с эффективностью использования недостижимой в других технологиях генерации энергии, характерных для данного вида топлива.

Технологическая схема для теплофикационной ПГУ (как общий случай), реализующая представленный подход выглядит следующим образом, рис. 1. Воздух поступает в компрессор газотурбинной установки (ГТУ) сжимается и поступает с высоким давлением в камеру сгорания газовой турбины, где за счет сжигания газообразного топлива обеспечивается повышение его температуры. Затем горячий воздух и продукты сгорания топлива поступают в газовую турбину, где совершают работу с выработкой электроэнергии ($N_{ГТУ}$). Отработавший в газовой турбине поток направляют в котел-утилизатор (КУ) и частично паровой котел (К), в которых обеспечивают генерацию пара высоких параметров для работы в паротурбинной установке (ПТУ) с выработкой электроэнергии ($N_{ПТУ}$). При этом высокие параметры перегретого пара обеспечивают за счет сжигания топлива (в частности, угля), в паровом котле (ПК), а в котле-утилизаторе обеспечивают дополнительный по отношению к перегретому пару поток, который совмещают с паром промежуточного перегрева и направляют в среднюю часть паротурбинной установки (ПТУ). Таким образом, паровая турбина имеет проточную часть, в которой по мере расширения пара его расход увеличивается даже при наличии нерегулируемых отборов (на рис.1 не показаны). Отработавший в паровой турбине пар поступает в конденсатор (К), где обеспечивается процесс конденсации и затем конденсатным насосом (КН), а далее питательным (ПН) подается в котлы энергетический паровой (ПК) и утилизатор (КУ). Система регенерации на тепловой схеме представлена деаэратором (Д), а система отпуска теплоты сетевой установкой (СУ).

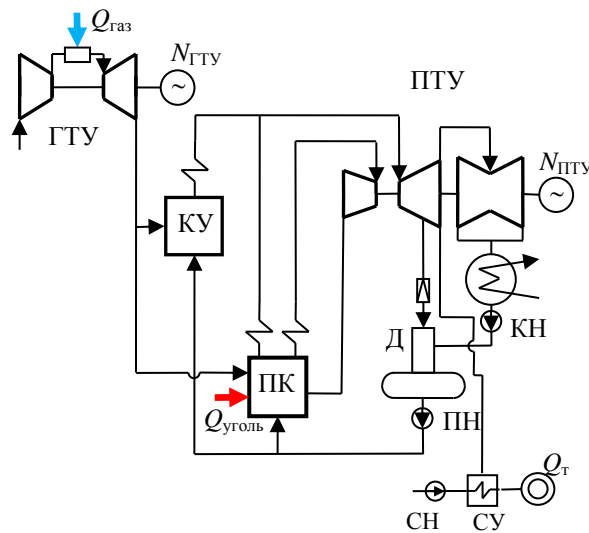


Рис. 1. Тепловая схема ПГУ с дожиганием топлива

Взаимосвязь КПД ПГУ, ГТУ и ПТУ устанавливают при помощи коэффициента бинарности [7].

$$\eta_{\text{ПГУ}} = \eta_{\text{ГТУ}}(1 - \eta_{\text{ПТУ}})\gamma + \eta_{\text{ПТУ}}. \quad (2)$$

Взаимная зависимость $\eta_{\text{ПТУ}} = f(\eta_{\text{ГТУ}})$ показывает, что для газотурбинной установки с КПД-нетто на уровне 40% ($\eta_{\text{ГТУ}}=0,4$) КПД ПГУ-нетто в 46% может быть обеспечен при КПД-нетто паротурбинной части установки в $\sim 12\%$ для схемы с бинарностью равной единице (рис. 2).

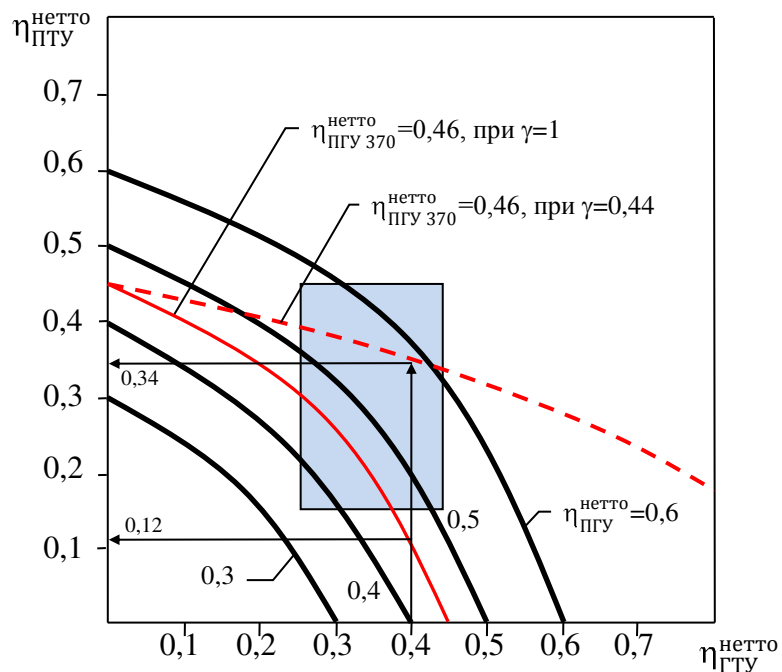


Рис. 2. Зависимость $\eta_{\text{ПТУ}}^{\text{нетто}}$ от $\eta_{\text{ГТУ}}^{\text{нетто}}$ для разных значений КПД-нетто ПГУ

Можно видеть, что тот же показатель КПД ПГУ в 46% может быть

обеспечен при увеличении КПД ПТУ до 34% (хорошо освоенные технологии) и при коэффициенте бинарности $\gamma = 0,44$. В работе [8] показано, что в этом случае ПГУ мощностью 370 МВт будет снижен расход газа более, чем в два раза за счет сжигания угля в паровом контуре установки, а совокупная стоимость топлива (при цене на газ 5500 руб./тыс. м³ и уголь 2250 руб./т) снизится на 18,5%. Сравнение теплофикационных ПГУ разного типа и назначения (табл. 1) показывает, что при обеспечении преимущественного сжигания угля (характеризуется $\gamma \geq 0,4$) КПД ПГУ по выработке электроэнергии на тепловом потреблении может быть обеспечен на уровне 0,7-0,9, что заметно превышает аналогичный показатель у ПГУ бинарного типа с $\gamma = 1$.

Таблица 1

Сравнение теплофикационных ПГУ

Наименование показателя	ПГУ-90	ПГУ-30	ПГУ-145	ПГУ-145
Мощность, МВт	90	230	145	145
Тип ГТУ	LM2500	V64.3	V64.3	V64.3
Мощность ГТУ, МВт	32	70	70	70
Тип ПТУ	T14/20	T-130/160	ПТ-65/75	ПТ-65/75
Мощность ПТУ, МВт	20	160	75	75
Тепловой поток с теплофикационным отбором, МВт	60	163	120	120
Топливо, ГТУ/ПТУ	газ	газ/уголь	газ/уголь	газ/уголь
Наличие технологического пара	нет	нет	есть	Есть
Давление производственного отбора, МПа	–	–	1,2	1,2
Тепловой поток производственного пара, МВт	–	–	64/148	100/148
КПД газотурбинной части установки, от. ед.	0,3	0,36	0,36	0,36
КПД паротурбинной части установки по выработке электроэнергии на тепловом потреблении, от.ед.	0,23	0,7	0,46	0,49
КПД ПГУ по выработке электроэнергии на тепловом потреблении, от. ед.	0,55	0,79	0,67	0,88
Коэффициент бинарности, γ	1	0,44	0,4	0,41
Отношение $Q_T/Q_{ПГУ}$	0,28	0,38	0,61	0,7

Сравнение ПГУ с докритическими и закритическими параметрами в паросиловом контуре показывает, что обеспечение давления острого пара на уровне 24 МПа позволяет обеспечить КПД нетто ПГУ в 54%, против 50% для КПД ПГУ с давлением острого пара на уровне 12,8 МПа, табл. 2. Однако в этом случае поверхность нагрева котлов из сталей аустенитного класса увеличивается в 4 раза.

Таблица 2

Сравнение ПГУ на докритические и закритические параметры паросилового контура

Наименование показателя	ПГУ 300 (24 МПа)	ПГУ 300 (12,8 МПа)
Мощность ПГУ/ГТУ	300/100	
Вид топлива	Газ/уголь	Газ/уголь
Расход газа ГТУ, кг у.т./с	7,91	7,91
Расход угля ПТУ, кг у.т./с	14,72	16,27
Удельный расход топлива ПГУ, кг у.т./кВт·ч	0,227	0,246
КПД ПГУ нетто	0,54	0,5
поверхности нагрева м ²		
Энергетический котел		
РЧ	2160	1800
ПП	1500	1860
ПП1	16870	4770
ПП2	4840	2060
ВЭК	6100	690
ВЗП	3300	4190
Котел-утилизатор		
ПГ	3700	3700
ТВД	25800	9400
ТНД	5400	5400
ПГУ в целом	69670	33870
В том числе		
Из стали 20	44300	27240
Из стали 12X18H10T	25370	6630

Таким образом, проведено сравнение ПГУ разного типа с преимущественным сжиганием угля при этом показано, что:

1. Для теплофикационных ПГУ КПД выработки электроэнергии на тепловом потреблении может быть увеличен с 0,55 до 0,88, в зависимости от типа установки.

2. КПД нетто ПГУ с закритическими параметрами острого пара может быть на 8% выше, чем у аналогичной установки с докритическими параметрами пара, однако в этом случае площадь поверхностей нагрева из сталей аустенитного класса возрастает в 4 раза.

Список литературы

1. Петерня, Ю. К. История развития парогазового цикла в России. <http://www.combienergy.ru/stat/900-Istoriya-parogazovogo-cikla-v-Rossii-Perspektivy-razvitiya> : чтение с экрана.

2. Создание и развитие парогазовых и газопаровых установок, их классификация: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-3/part-1/section-3/3-8>: чтение с экрана.

3. Газотурбинные установки. Труды ЦКТИ. Под редакцией Ю. Г. Корсова и М. М. Иващенко. – С-кт-Петербург, 2002. – 218 с.

4. Двухтопливные бинарные парогазовые установки с внешним сжиганием твердого топлива как средства экономии природного газа / А. Б. Дубинин и др. // Материалы XIX международной конференции. Проблемы энергосбережения, безопасности, экологии в промышленности и коммунальной энергетике. – Ялта, 2006. : <http://www.teplota.org.ua/2015-07-27-dvuxtoplivnyie-binarnye-parogazovye-ustanovki-s-vneshnim-szhiganiem-tverdogo-topliva-kak-sredstva-ekonomii-prirodnogo-gaza.html> : чтение с экрана.

5. ПГУ с преимущественным использованием твердого топлива / П. А. Щинников, Г. В. Ноздренко и др. // Проблемы энергетики. – 2007. – №3-4. – С. 13 – 22.

6. Щинников, П. А. Энергосберегающая парогазовая технология реконструкции пылеугольной ТЭЦ / П. А. Щинников, Г. В. Ноздренко, А. А. Ловцов // Теплофизика и аэромеханика. – 2002. – Т.9. – №3. – С.445 – 449.

7. Синельников, Д. С. Перспективные ПГУ с бинарностью меньше единицы, работающие по параллельной схеме = Perspective ccgt with binary less than unit working on the parallel scheme / Д. С. Синельников, П. А. Щинников, О. К. Григорьева // Повышение энергоэффективности объектов энергетики и систем теплоснабжения: Материалы Всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием. – Омск, 2017. – С. 22 – 28.

8. Щинников, П. А. Энергетическая эффективность комбинированного цикла при коэффициенте бинарности меньше единицы / П. А. Щинников, В. А. Кругбелый, П. В. Белявская // Энергетика и теплотехника: сб. науч. тр. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. – Вып.21. – С.25 – 34.

УДК 621.311

Д. С. Синельников, П. А. Щинников

ОСОБЕННОСТИ ЗАГРУЗКИ ОБОРУДОВАНИЯ ТЭЦ С УЧЕТОМ СПОСОБА РЕГУЛИРОВАНИЯ ОТПУСКА ТЕПЛОТЫ

В статье рассматриваются вопросы влияния способа регулирования отпуска

теплоты через зонирование температурного графика на наилучшие, с точки зрения расходов топлива, варианты загрузки теплофикационных энергоблоков ТЭЦ типа Т и ПТ.

В работах [1, 2] вводится фактор зонирования температурного графика, который имеет три ярко выраженные зоны (периоды), характеризующие разные способы регулирования. Период I отвечает за режим горячего водоснабжения (ГВС) и начало отопительного сезона и характеризуется количественным способом регулирования, рис.1. При этом способе увеличение количества отпускаемой тепловой энергии обеспечивается увеличением расхода при неизменной температуре (t_{nc}) прямой сетевой воды. Период III начинается в точке максимальной теплофикационной нагрузки (точка М, рис.1.), обеспечивает отопительную нагрузку и характеризуется качественным регулированием, при котором увеличение количества отпускаемой теплоты обеспечивается увеличением температуры за счет увеличения давления в регулируемом отборе турбины. Одновременно с началом периода III вступает в работу пиковый водогрейный котел (ПВК) в стандартных схемах теплоснабжения ТЭЦ-ПВК-МТ-П (здесь МТ – магистральная теплосеть; П – потребитель теплоты). Коэффициент теплофикации становится меньше единицы ($\alpha_{ТЭЦ} < 1$).

Период II является переходным от количественного регулирования к качественному, но одновременно этот период характеризует работу ТЭЦ (центрального источника) в наиболее эффективном режиме, так как отопительная нагрузка уже подключена. В этом смысле зону II графика можно считать базовой [1]. Для регулирования отпуска теплоты в этой зоне предлагается применять качественно-количественный способ, когда задействованы и расход сетевой воды и температура отборного пара.

В работе [3] показано, как обеспечить определение эквивалентной расчетных параметров в условиях зонирования температурного графика, а в работе [4] сформулирована задача поиска оптимальных параметров работы энергоблоков в этих условиях.

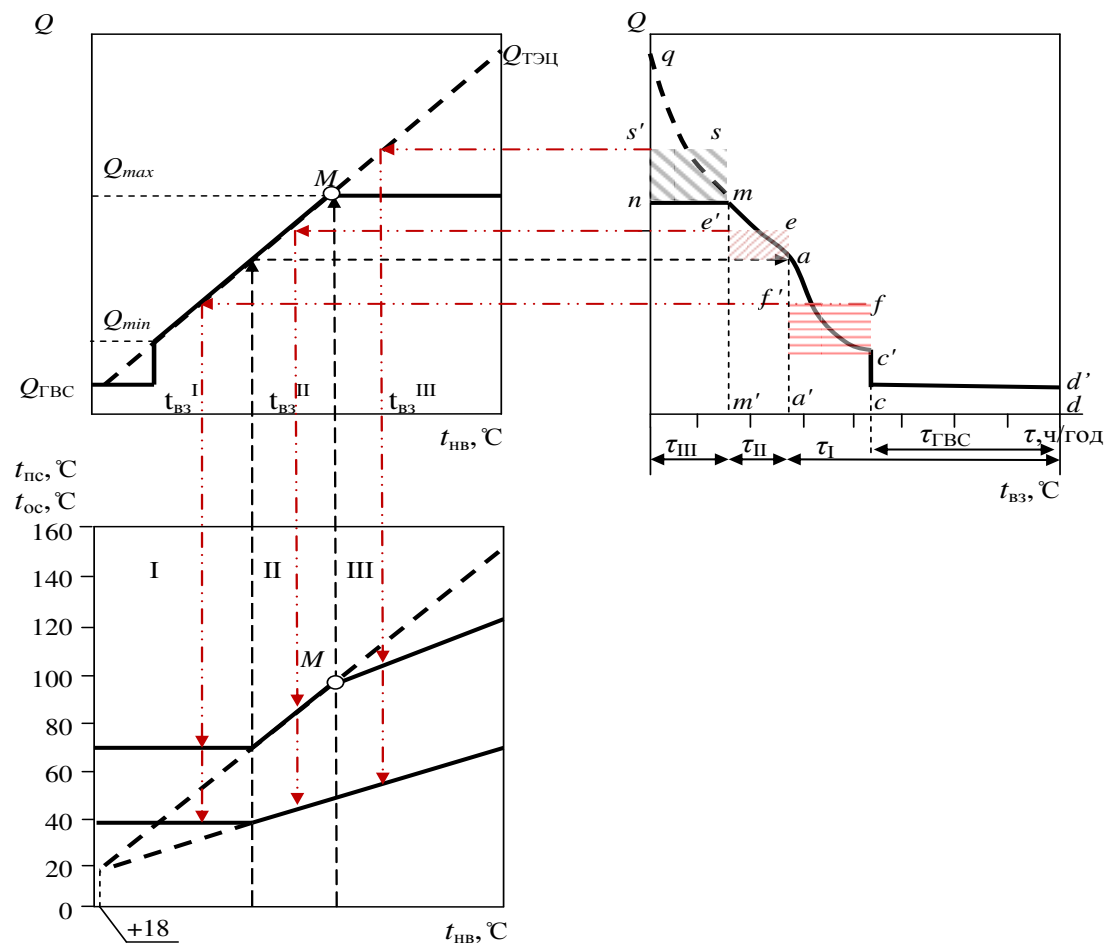


Рис. 1. Графики тепловых нагрузок

Расчетная температура воздуха $t_{вз}^i$ определяется как эквивалентная температура, при которой обеспечивается отпуск теплоты по графику тепловых нагрузок в соответствующей зоне регулирования, то есть выполняется условие равенства площадей, рис.1.

$$\begin{cases} F(a'ac'c) = F(a'f'fc) - \text{зона количественного регулирования;} \\ F(m'maa') = F(m'e'ea') - \text{зона смешанного регулирования;} \\ F(nqm) = F(ns'sm) - \text{зона качественного регулирования.} \end{cases} \quad (1)$$

Задача оптимизации параметров в общем виде запишется как

$$\min B_{\Sigma} (E)_i \mid \varphi(E)_i \leq C_e. \quad (2)$$

В этом выражении B_{Σ} – суммарный в комбинированной системе теплоснабжения расход топлива; E – множество оптимизируемых параметров; $\varphi(E)$ – оператор функциональных отношений (оператор преобразования); C_e –

комплекс ограничений; i – характеризует зону температурного графика.

Выполняя серии расчетных экспериментов, для теплофикационных энергоблоков стандартных типоразмеров Т-50, Т-100, Т-110, Т-175, Т-180, Т-250, Т-265, ПТ-30, ПТ-50, ПТ-60, ПТ-80, ПТ-85, ПТ-185 с использованием эксергетической методологии [5] по критерию (2) получены следующие результаты.

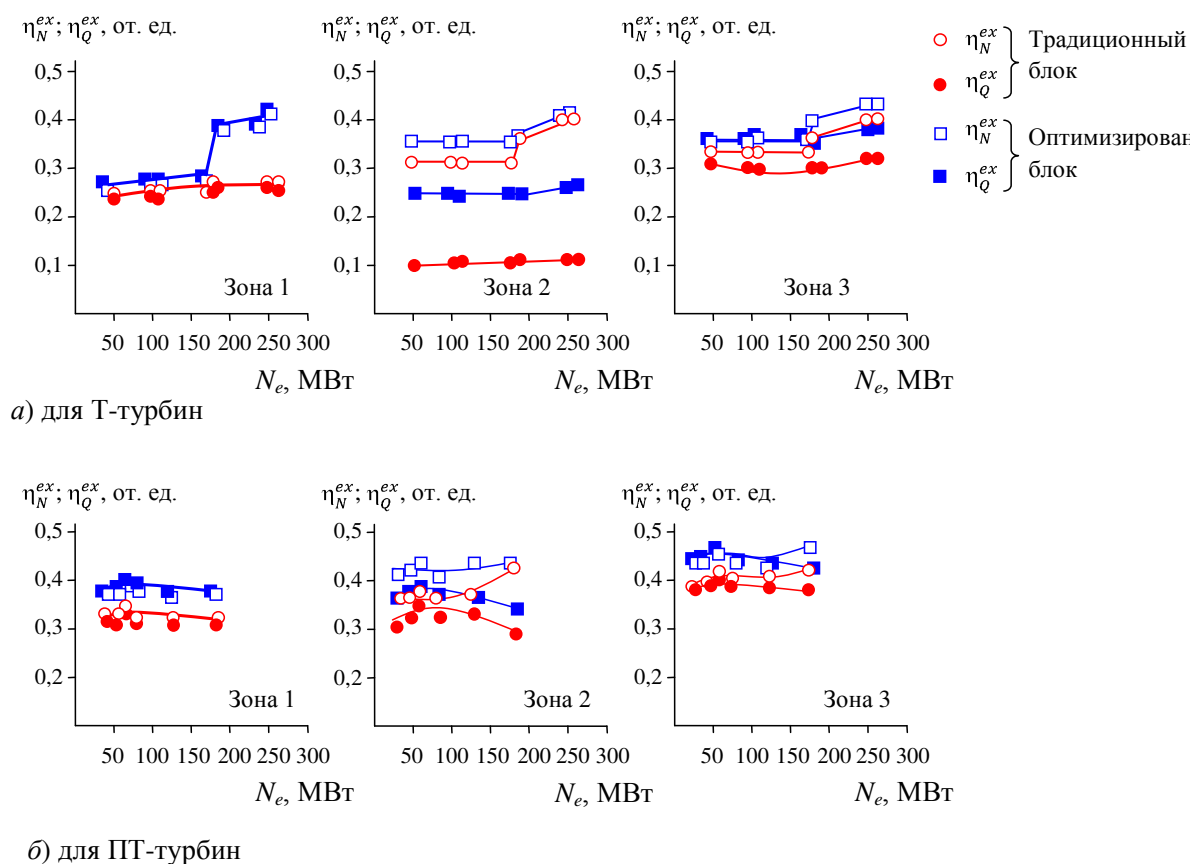


Рис. 2. Сравнение оптимальных значений эксергетических КПД по отпуску электроэнергии (η_N^{ex}) и теплоэксергии (η_Q^{ex}) со значениями аналогичных показателей для традиционных теплофикационных энергоблоков в условиях зинирования температурного графика: а) энергоблоки на базе турбин типа Т; б) энергоблоки на базе турбин типа ПТ

Для каждой зоны температурного графика установлены оптимальные эксергетические КПД отпуска электроэнергии и теплоэксергии каждым типом рассматриваемых энергоблоков, рис. 2. Можно видеть, что для теплофикационных турбин наибольший прирост эксергетического КПД обеспечивается в зоне 2 температурного графика. Рост этого показателя связан с тем, в данной зоне на расчетном режиме обеспечивается недозагрузка теплофикационного отбора, и программа оптимизации стремится максимально

использовать указанный фактор.

Вместе с тем, блоки разного типа (Т и ПТ) показывают разные показатели экономии топлива в разных зонах температурного графика, рис. 3. Можно видеть, что в зоне 1, при загрузке оборудования предпочтение следует отдавать энергоблокам типа ПТ, в зоне 3 более выгодны энергоблоки типа Т, а в зоне 2 блоки Т и ПТ работают с равной эффективностью.

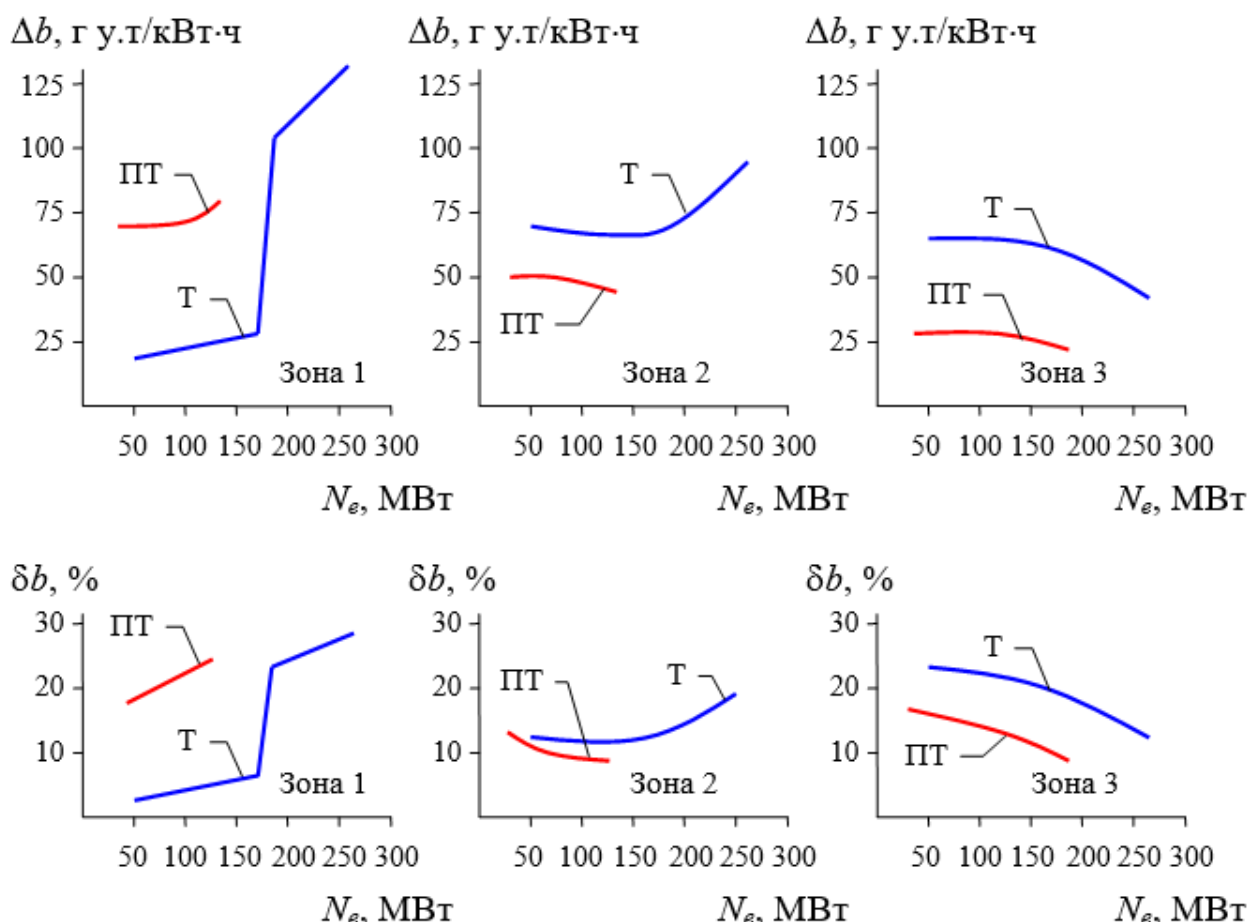


Рис. 3. Экономия удельного расхода топлива (b) на отпущенную эксергию при оптимизации параметров теплофикационных энергоблоков в условиях зонирования температурного графика: Δb – удельная экономия условного топлива; δb – относительная экономия условного топлива

С использованием рассмотренных положений (рис. 3) смоделирована работа ТЭЦ-500, состоящей из энергоблоков типа Т и ПТ, табл. 1. Такая или подобная конфигурация ТЭЦ характерна для многих электростанций России. В модели для первой зоны температурного графика тепловая нагрузка ТЭЦ соответствует режиму ГВС и характеризуется $Q=317$ MWt, число часов использования установленной мощности $\tau=2027$ ч, температуры прямой и обратной сетевой воды составляют $t_{п.с}=70$ °C, $t_{о.с}=38$ °C, а эквивалентная

расчетная температура наружного воздуха $t_{н.в.}=+5$ °С. Вторая зона температурного графика обеспечивает отпуск 750 МВт теплоты при параметрах $\tau=1236$ ч, $t_{п.с}=85$ °С, $t_{о.с}=42$ °С, $t_{н.в.}=-8$ °С, а третья – $Q=851$ МВт, $\tau=2187$ ч, $t_{п.с}=98$ °С, $t_{о.с}=53$ °С, $t_{н.в.}=-22$ °С.

Таблица 1

Характеристики энергоблоков ТЭЦ-500

Маркировка	Количество	N , МВт	Q , МВт	P_0 , МПа	t_0 , °С	$t_{п.в.}$, °С	$G_{отб.}$, т/ч	$P_{отб.}$, бар
Т-50	2	50	116	12,8	555	232	–	–
Т-110	2	110	203	12,8	555	234	–	–
ПТ-50	1	50	73	12,8	555	230	118	1,0
ПТ-135	1	135	140	12,8	555	232	324	1,2

Сравниваются два варианта загрузки оборудования: пропорциональная загрузка всех агрегатов во всех зонах температурного графика и загрузка, учитывающая результаты выполненных оптимизационных расчетов, когда в первой зоне грузят сначала энергоблоки типа ПТ, во второй зоне все блоки в равной степени, а в третьей – сначала энергоблоки типа Т. Электрическая мощность ТЭЦ во всех зонах и для обоих вариантов обусловлена тепловым графиком нагрузки, то есть, на всех режимах обеспечивают только вентиляционный пропуск пара в конденсатор. Результаты расчетов показывают, что второй вариант загрузки оборудования позволяет иметь 34 тыс. т у.т. в год экономии по сравнению с первым.

Показана эффективность применения турбин типа Т и ПТ в условиях зонирования температурного графика. Показано, что учет особенностей регулирования отпуска теплоты, характеризующий разные зоны температурного графика, обеспечивает преимущество при выборе режима загрузки энергоблоков, выражаемое в 34 тыс. т у.т. в год для ТЭЦ-500, состоящей из двух энергоблоков типа ПТ и четырех энергоблоков типа Т.

Список литературы

1. Шарапов, В. И. Регулирование нагрузки городских теплофикационных систем / В. И. Шарапов, П. В. Ротов. – Ульяновск: УлГТУ, 2013. – 309 с.

2. Ротов, П. В. О температурном графике центрального регулирования систем теплоснабжения / П. В. Ротов, М. Е. Орлов, В. И. Шарапов // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. – 2014. – № 5 – 6. – С. 3 – 12.

3. Синельников, Д. С. Определение эквивалентной расчетной температуры при зонировании температурного графика / Д. С. Синельников, П. А. Щинников // Энергосбережение в городском хозяйстве, энергетике, промышленности: Сб. науч. тр. 7 междунар. науч.-техн. конф. – Ульяновск: УлГТУ, 2017. – Т. 1. – С. 44 – 48.

4. Щинников, П. А. Работа комбинированной системы теплоснабжения в условиях зонирования температурного графика / П. А. Щинников, Д. С. Синельников // Энергетика и теплотехника: Сб. науч. трудов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. – Вып. 21. – С. 94 – 104.

5. Разработка показателей эффективности работы ТЭЦ и их подсистем на основе дифференциально-энергетического метода / Ч. Оршуу, О. В. Боруш, и др. // Новое в российской электроэнергетике: Науч.-техн. электрон. журн. – 2018. – №2. – С.22 – 29.

УДК 621.311.22.002.5: 621.182.1.004

Е. С. Воронцова, Т. С. Тайлашева

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ УСТАНОВОК ОБРАБОТКИ ВОДЫ ПО УСЛОВИЯМ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Выполнен анализ условий эксплуатации действующих установок обработки воды в диапазоне различных технологических показателей, на примере шести тепловых электростанции Установлены критерии, позволяющие оценивать эффективность работы водоподготовительной установки на стадии проектной проработки и при эксплуатации.

Энергетическая отрасль является крупнейшим средоточием водоподготовительных установок большой производительности. На сегодняшний день на каждом крупном объекте теплоэнергетики задействовано от одной до нескольких установок для подготовки питательной воды с применением различных технологий. Наиболее распространённой среди них является технология ионного обмена, разработки которой ведутся в России с 50-х годов XX века и которая показывает практически абсолютную надежность в эксплуатации.

Наряду с этими «классическими» схемами обработки воды для питания энергетических установок достаточно широко распространены термическое обессоливание, а также мембранные технологии, которые в последнее время привлекают все большее внимание специалистов.

В качестве объектов исследования выбраны некоторые тепловые электрические станции (ТЭС), которые можно разделить на несколько групп. Первая группа объединяет водоподготовительные установки (ВПУ), обеспечивающие подготовку добавочной воды в два этапа: предварительная очистка воды и двухступенчатое обессоливание. Среди обследованных объектов на первой стадии используется: коагуляция, известкование и магниальное обескремнивание. Для последующего осветления используется объемное фильтрование на механических фильтрах.

Второй стадией обработки воды в данной группе является полное химическое обессоливание с применением различных современных ионитных материалов. Очистка воды осуществляется двухступенчатым Н-катионированием и ОН-анионированием (2(Н-ОН)) с промежуточной декарбонизацией. Для обеспечения глубокого обессоливания реализуется трехступенчатое Н-катионирование и ОН-анионирование (3(Н-ОН)).

Кроме того, среди распространенных технологий применяется двухступенчатое Na-катионирование (2Na) с целью умягчения воды, как самостоятельный метод в малой энергетике и как один из этапов обработки воды в большой энергетике.

Следующей разновидностью ВПУ является технология термического обессоливания (ТО). Особенностью данной технологии является высокое качество подаваемой на установку воды, в связи с чем на первом этапе исходная вода подвергается умягчению или частичному обессоливанию, реализуемым методом ионного обмена.

Самостоятельной группой ВПУ являются установки с применением проницаемых и полупроницаемых мембран. Мембранные технологии хорошо зарекомендовали себя в обеззараживании воды. В энергетике применение мембранных технологий нашло активное применение в схемах, комбинированных с ионным обменом. В последние годы для подготовки добавочной воды в цикле ПГУ с котлами-утилизаторами используются системы, в которых интегрированы несколько мембранных процессов (ИМТ).

К настоящему времени разработаны десятки нормативных документов,

регламентирующих работу промышленного оборудования, используемого в различных сферах деятельности. Основой для оценки эффективности ВПУ исследуемых объектов являются нормативно-технические документы [1-4]. На их основе получены расчётно-аналитические показатели, позволяющие дать объективную оценку эффективности работы установленного оборудования, систематизировав его на основе эксплуатационных показателей.

При расчете, проектировании и эксплуатации учитываются такие фактические значения, как:

- показатели качества обработанной воды, зависящие от типа установленного энергетического оборудования;
- максимальная фактическая и проектная производительность каждой установки;
- объем автоматизированного и механизированного оборудования;
- технические показатели, включающие содержание примесей в воде после стадии предварительной очистки (взвешенные вещества, железо, алюминий), расход 100%-ого реагента на 1 м³ фильтрующего материала, удельный расход 100%-ого реагента на регенерацию материала, расход дистиллята на промывку и расход непрерывной продувки.

Таким образом, в ряду этих показателей находятся количественные относительные значения, отражающие степень соблюдения/несоблюдения регламентируемых норм и принятых проектных решений при создании объекта.

В результате отношения фактических показателей к нормативным и проектным значениям получены следующие обобщенные показатели (табл. 1):

- K_i – показатель качества очищенной воды;
- D_i – показатель использования оборудования;
- V_a – показатель уровня автоматизации оборудования;
- V_m – показатель уровня механизации оборудования;
- T_i – технический показатель, включающий опосредованную величину перечисленных выше значений содержания примесей и расходов.

Результаты расчетно-аналитического исследования

Показатель	2(Н-ОН)-1	2(Н-ОН)-2	2(Н-ОН)-3	2(Н-ОН)-4
K_i	0,83	0,07	0,89	0,43
D_i	0,48	0,25	0,70	0,51
T_i	0,95	1,10	1,09	0,83
V_a	0,23	0,40	0,35	0,40
V_m	0,80	0,60	0,70	0,70
Показатель	3(Н-ОН)	2Na	ТО	ИМТ
K_i	0,07	0,02	0,48	0,50
D_i	0,80	0,77	0,86	1,00
T_i	0,72	0,93	0,90	1,00
V_a	0,23	0,50	0,50	1,00
V_m	0,90	0,70	0,70	1,00

При этом, значение <1 для показателей K_i , T_i указывает на соблюдение нормативного и проектного регламента, для показателей D_i , V_a , V_m – их несоблюдение.

Произведенные расчетно-аналитические исследования показали наиболее высокой достижимую степень очистки воды на 30% ТЭС при соблюдении норм качества на всех объектах. На 50% объектов получен самый низкий показатель D_i . Ни на одном из объектов, за исключением современной установки ИМТ, не соблюдаются показатели V_a , V_m . Технический показатель T_i , представленный несколькими параметрами, в 30% случаев не соблюдается ввиду несоответствия нормам по некоторым включенным параметрам, что влияет на общую оценку.

Заключение

Предложенный методологический подход отражает показатели эффективности эксплуатации как для действующих, так и для вновь проектируемых ВПУ.

Полученные значения показателей доказывают, что устаревают не технология, а оборудование, материалы и нагрузочные мощности. Поэтому разработка новых материалов для технологий ионного обмена и согласование нагрузок позволит в дальнейшем получать требуемое качество воды, а также снизить эксплуатационные затраты.

Список литературы

1. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. СО 153-34.20.501-2003. – М.: СПО ОРГРЭС, 2003.
2. Водоподготовительные установки и водно-химический режим ТЭС. Условия создания. Нормы и требования. СТО 70238424.27.100.013-2009. – М.: НП «ИНВЭЛ», 2009.
3. Методические указания по объему технологических измерений, сигнализации, автоматического регулирования на тепловых электростанциях. СО 34.35.101-2003. – М.: ЦНТИ ОРГРЭС, 2004.
4. Основные требования к применению ионитов на водоподготовительных установках тепловых электростанций. Технологические рекомендации по диагностики их качества и выбору. СТО ВТИ 37.002-2005. – М.: ОАО «ВТИ», 2006.

УДК 621.311.243

Н. В. Заложный, В. К. Гаак

БУДУЩЕЕ ТЕРМОЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ТЕРМОЯДЕРНЫЙ РЕАКТОР ITER (ИТЭР)

В статье рассмотрен принцип получения энергии путем соединения легких ядер (термоядерный синтез). Рассмотрена необходимость в разработке новых методов получения энергии. Рассмотрен крупнейший экспериментальный термоядерный реактор ITER.

Человечество переживает бурный, не имеющий аналогов в истории рост энергопотребления. Безо всякой оглядки на ресурсы, человечество сжигает все больше и больше исчерпаемых энергоресурсов, таких как газ, уголь и нефть. Сжигание огромного количества ископаемого топлива ведет человечество не только к будущему дефициту топлива, но и к значительным изменениям в климате всей планеты.

Прогнозы на рост численности населения и рост энергопотребления [5] представлены на рис. 1 и рис. 2.

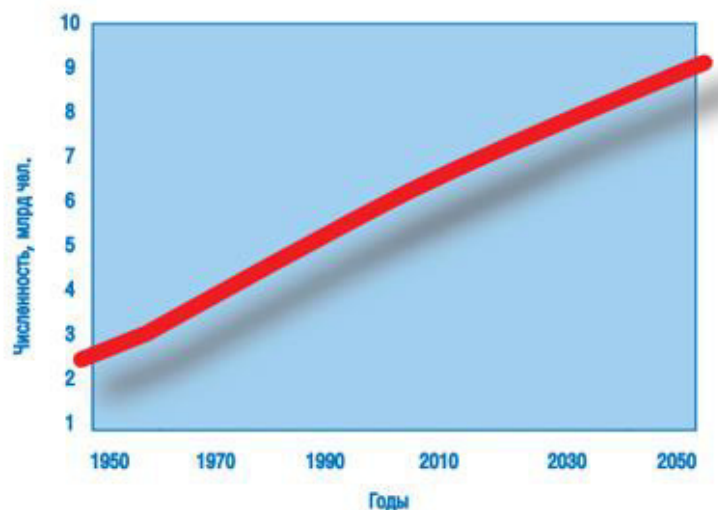


Рис. 1. Рост численности населения Земли

Поиск решения проблемы с энергоресурсами уже начат и часть энергетического рынка занимают нетрадиционные источники энергии, такие как использование приливных сил, ветра и солнечных лучей. Со стороны получения энергии все эти методы не являются столь эффективными, в сравнении сжиганием ископаемого топлива, что означает невозможность создания компактных высокомоощных станций. Использовать огромные площади в пригодной для заселения зоне не представляется возможным в связи с ростом населения планеты, поэтому приемлемым решением, по моему мнению, является ядерная энергетика.

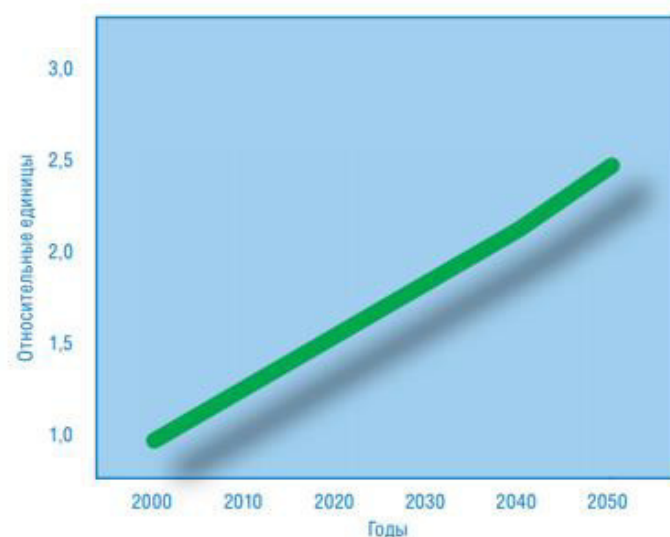


Рис. 2. Ожидаемое энергопотребление

Рассмотрим способы получения энергии с помощью энергии взаимодействия частиц.

Ядро атома, как мы помним, состоит в первом приближении из протонов

и нейтронов (= нуклонов). Для того, чтобы от атома оторвать все нейтроны и протоны – нужно затратить определенную энергию – энергию связи ядра. Эта энергия отличается у различных изотопов, и естественно, при ядерных реакциях баланс энергии должен сохраняться. Если построить график энергии связи для всех изотопов (из расчета на 1 нуклон), получим следующее:

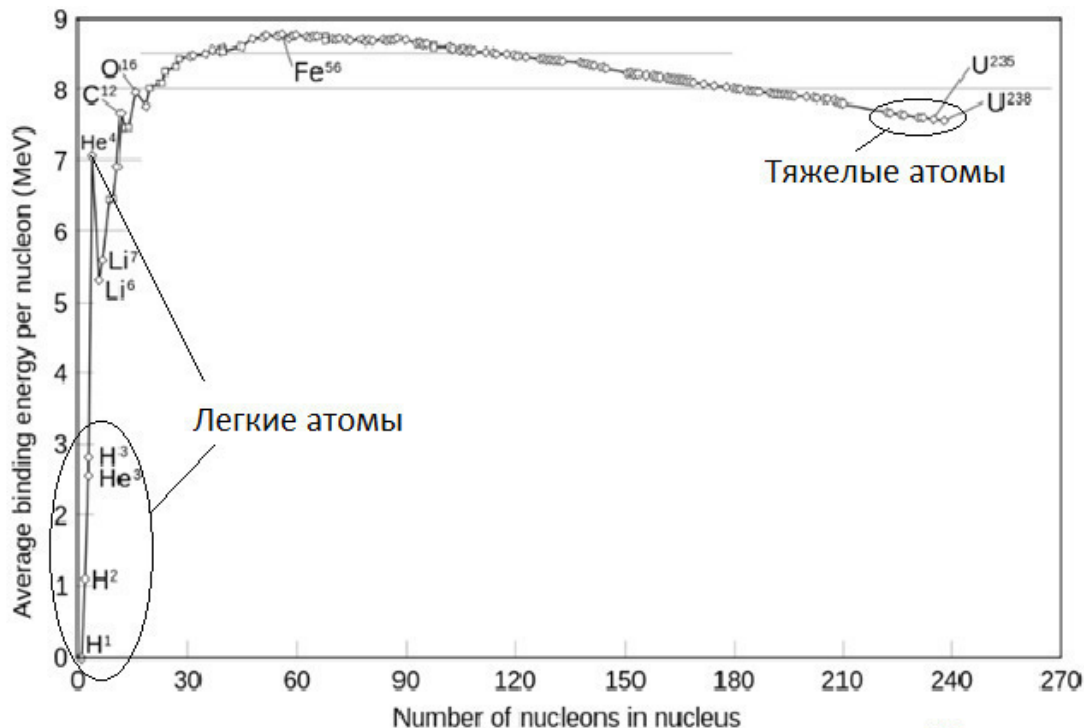


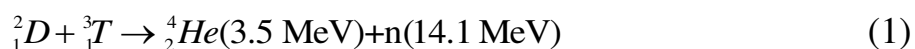
Рис. 3. Энергия связи различных ядер, подходящих для использования в энергетике

Из рис. 3 мы видим, что получать энергию мы можем или разделяя тяжелые атомы (вроде U²³⁵), или соединяя легкие.

Таким образом ядерная энергетика разделяется на 2 части: на быстрых (термоядерная) и медленных нейтронах

Рассмотрим процесс выработки новой ядерной энергетике.

Наиболее реалистичной реакцией синтеза в настоящее время является соединение изотопов водорода - дейтерия (D) и трития (T) [3].



Из количества легких элементов, показанных ранее, можно было сделать вывод, что существует множество возможных термоядерных реакций, однако самой «легкой», а вместе с этим и наиболее простой в реализации является реакция выше названных изотопов.

Так как обе частицы являются положительно заряженными, значит их соединению будут мешать самые большие природные силы – Кулоновские. Из-

за действия сил отталкивания заставить частицы реагировать друг с другом будет крайне сложно – необходимо будет перевести смесь веществ в состояние плазмы, т.е. очень сильно их нагреть. Так, чтобы преодолеть кулоновский барьер для данного соединения, придется разогреть смесь на 100 миллионов градусов, что является наименьшей температурой для проведения синтеза. Остальные термоядерные реакции для преодоления потенциального барьера требуют на порядок большей температуры, поэтому эта реакция и называется «легкой»

Нагрев до экстремальных температур упрощается тем, что в реакторе очень малое количество (около 0,5 грамм) топлива. Для сравнения можно сказать, что на нагрев двухсот литров воды до 100 С° уходит столько же энергии, как и на нагрев разового заряда в реакторе до 100 миллионов градусов

На рис. 4 представлено сравнение калорийности одинакового количества некоторых топлив.



Рис. 3. Калорийность 1 кг различных топлив, МДж

Способы добычи термоядерного топлива.

Как уже сказано выше, топливом для термоядерной реакции будут служить тяжелые и сверхтяжелые изотопы водорода: дейтерий и тритий, соответственно.

Дейтерий является довольно распространенным веществом, его можно как спокойно добывать из морской воды, так и химически синтезировать в лабораторных или промышленных масштабах. Запасы его неисчерпаемы, пока существует мировой океан.

С тритием дела обстоят сложнее. Сверхтяжелый изотоп водорода встречается на Земле крайне редко, да и является радиоактивным с малым периодом полураспада, т.е. в природе его найти почти невозможно. К счастью, тритий является побочным элементом работы Канадских тяжеловодородных реакторов CANDU, в которых извлекают порядка 2 кг трития в год (этого хватит чтобы двукратно обеспечить топливом реактор ITER)

Однако если термоядерные реакторы будут развиваться им потребуется самообеспечение по тритию, для чего станциях можно будет реализовать размножение трития, в котором потоком нейтронов из плазмы изотоп Li^6 будет делиться с получением необходимого элемента.

Реакция получения трития выглядит следующим образом:

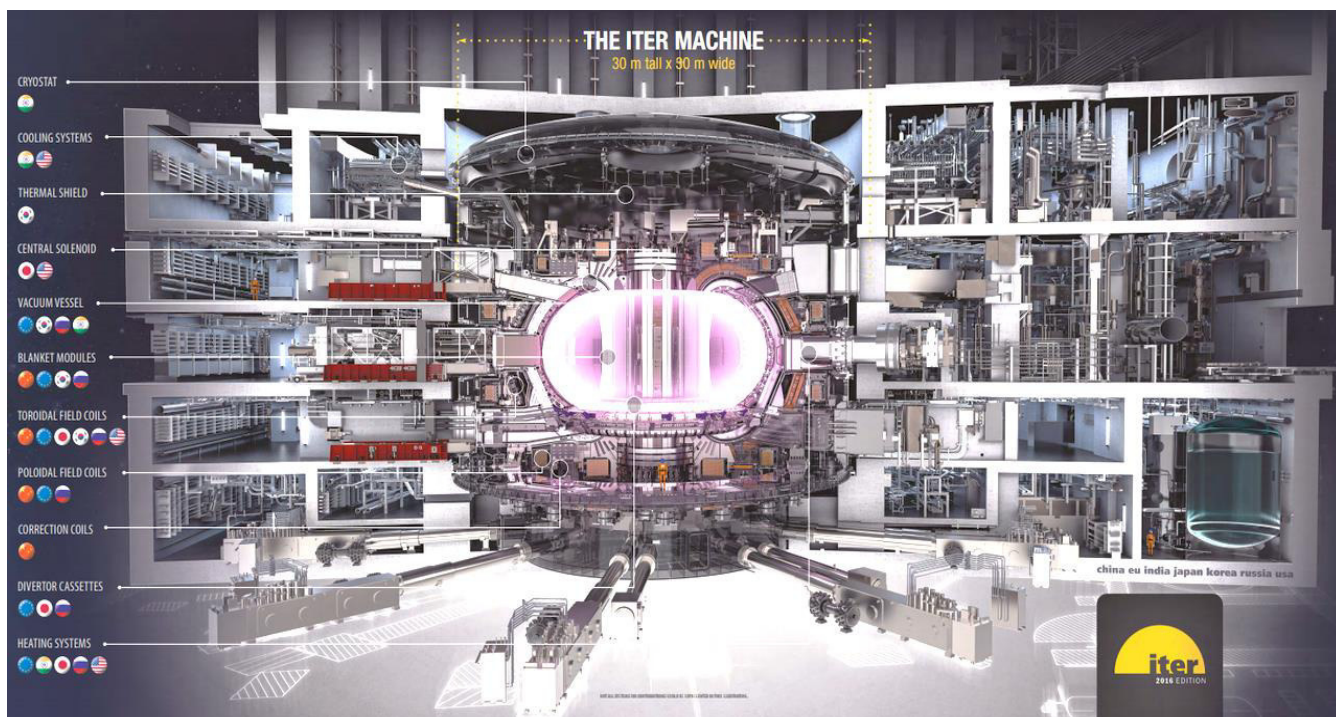


Рис. 4. Термоядерный реактор ITER

ITER — международный экспериментальный термоядерный реактор, проект реализуемый благодаря глобализации мировых исследований в области термоядерной энергетики. На сегодняшний день в проекте участвуют следующие страны: страны ЕС, Индия, Китай, Республика Корея, Россия, Япония и США. В 2005 году было, наконец, решено где будет возводиться реактор. Местом строительства выбран исследовательский центр Кадараш, на юге Франции в 60км от Марселя, где сейчас и возводится реактор.

Так как на земле нет материала, способного выдержать тепловую нагрузку в несколько миллионов градусов, то возникла необходимость сконструировать «ловушку» удерживающую плазму вдали от стенок реактора.

Наибольших успехов в удержании плазмы добились академики СССР: И. Е. Тамм и А. Д. Сахаров, на спроектированной установке «ТОКАМАК», что расшифровывается как тороидальная камера с магнитными катушками. Данную схему для удержания плазмы используют в большинстве экспериментальных реакторов по всему миру.

Схема токамака представлена на рисунке 6

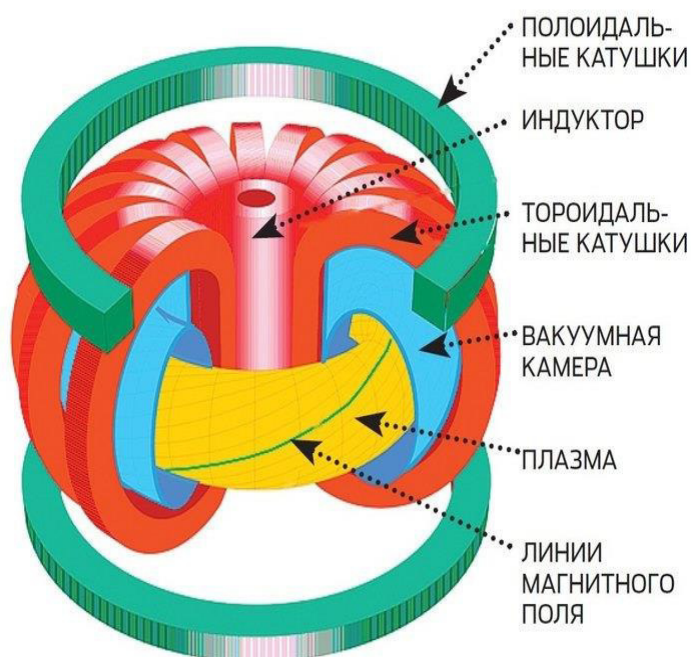


Рис. 5. Принципиальная схема токамака

Токамак представляет собой тороидальную вакуумную камеру, на которую намотаны катушки для создания тороидального магнитного поля. Из вакуумной камеры сначала откачивают воздух, а затем заполняют её смесью дейтерия и трития. Затем с помощью индуктора в камере создают вихревое электрическое поле. Индуктор представляет собой первичную обмотку большого трансформатора, в котором камера токамака является вторичной обмоткой. Электрическое поле вызывает протекание тока и зажигание в камере плазмы.

Протекающий через плазму ток выполняет две задачи:

1. Нагревает плазму так же, как нагревал бы любой проводник (омический нагрев);
2. Создаёт вокруг себя магнитное поле.

Это магнитное поле называется полоидальным (то есть направленное вдоль линий, проходящих через полюсы сферической системы координат).

Наличие полоидального поля необходимо для стабильного удержания плазмы в такой системе. Так как оно создается за счёт увеличения тока в индукторе, а он не может быть бесконечным, время стабильного существования плазмы в классическом токамаке пока ограничено. Для преодоления этой проблемы разработаны дополнительные способы поддержания тока. Для этого может быть использована инжекция в плазму ускоренных нейтральных атомов дейтерия или трития или микроволновое излучение.

Кроме тороидальных катушек для управления плазменным шнуром необходимы дополнительные катушки полоидального поля. Они представляют собой кольцевые витки вокруг вертикальной оси камеры токамака.

По конструкции токамак представляет собой тороидальный сосуд, вытянутый в вертикальном направлении, высотой 11.4 метра и диаметром 19.4 метра [1]. Двойная стенка выполнена из специальной малоактивируемой нержавеющей стали. Между двумя стенками течет теплоноситель — вода под давлением 4.4 МПа, который используется как для отвода тепла от нейтронных потоков, так и для нагрева всей камеры до 250 градусов (процедура горячей вакуумной дегазации - выполняется в процессе перевода всего токамака из обслуживающего в рабочее состояние). Кроме проходов для воды, во внутренней полости двойной стенки расположены наборы листов борированной стали для поглощения нейтронного излучения.

Вакуумная камера будет весить около 40 тыс. тонн. При таких габаритных размерах и внушительной массе допуски на точность соединений составляет 1-2 мм.

Еще одной характерной особенностью всех элементов ITER является крайняя насыщенность датчиками. Так, в вакуумную камеру будет установлено 995 термодатчиков, 145 линейных датчиков перемещения, 91 оптоволоконный тензометрических датчиков, 120 концевиков, 150 акселерометров и датчиков вибраций. Обслуживать это хозяйство будет 107.6 км кабелей.

Бланкет. Чтобы продлить жизнь всего реактора, была разработана система Бланкет, состоящая из модулей и позволяющих заменить себя на новые после того как они придут в негодность из-за постоянной бомбардировки нейтронами.

Задача blankets ITER - это защита всей остальной машины от излучения плазмы: теплового, рентгеновского, нейтронного и быстрых частиц. Кроме того, необходимо не допустить соприкосновения плазмы с элементами тяжелее углерода, т.к. они полностью не полностью ионизируются в плазме и, излучая по закону Стефана-Больцмана, могли бы охладить плазму на сотни миллионов градусов за секунду.

Так как эта часть реактора будет радиоактивна, создана роботизированная система, позволяющая провести замены блоков Blankets.

Каждый модуль состоит из панели первой стенки и экранирующего блока за ней. Панель первой стенки покрыта бериллием и охлаждается изнутри водой. Ее задача восприятие теплового излучения и непосредственный контакт с периферией плазмы. Тепловая нагрузка панели первой стенки может достигать 8 мегаватт на квадратный метр, поэтому через саму панель поток теплоносителя может достигать 100 килограмм в секунду.

40% всех blankets изготавливает Россия, на сегодняшний день все поставки завершены.

Дивертор – это нижняя часть вакуумной камеры, в которой размыкаются линии магнитного поля, т.е. туда может стекать плазма, а значит там будут самые максимальные тепловые нагрузки на всем агрегате. тепловые нагрузки на дивертор могут достигать 20 мегаватт/м² импульсно и 10 мегаватт/м² постоянно. Такие нагрузки очень близки к пределу, который может воспринять даже интенсивно охлаждаемый материал без испарения и плавления. Для ITER выбран полностью вольфрамовый дивертор, покрытый небольшими плиточками с проходящими в них трубками охлаждения. Благодаря очень трудоемкой оптимизации расположения плиток по дивертору расчетный срок службы дивертора составит 10 лет, т.е. он будет заменяться дважды за период работы ITER.

Некоторые из характеристик сведены в табл. 1 [4].

Таблица 1

Характеристики реактора ITER

Полная термоядерная мощность, МВт	500(700)
Отношения термоядерной мощности к мощности доп. нагрева, Q	≥10
Средняя нейтронная нагрузка на стенку, МВт/м ²	0,57(0,8)
Время горения в индуктивном режиме, с	≥400
Большой радиус плазмы, м	6,2
Малый радиус плазмы, м	2,0

Ток плазмы, МА	15(17)
Тороидальное магнитное поле на оси, Тл	5,3
Объем плазмы, м ³	837
Площадь поверхности плазмы, м ²	678
Мощность дополнительного нагрева, МВт	73

Подогрев плазмы в рабочем режиме. Нагрев плазму, мы не можем просто оставить её в какой-либо среде, так как она катастрофически быстро остывает из-за того, что начинает излучать в рентгеновском диапазоне (до $6 \cdot 10^{19}$ Гц), поэтому необходимо постоянно затрачивать энергию на подогрев реагирующих веществ. Подогрев происходит с помощью радиочастотного излучения, а также кольцевого тока.

Важной составляющей удержания плазмы в токамаке является кольцевой ток, который течет в этой плазме. Изначально, для простоты он всегда поддерживался по принципу трансформатора – если мы поместим в центр токамака большую катушку (называемую центральный соленоид или индуктор) и начнем изменять в ней ток, то по плазме потечет вторичный ток (как и в трансформаторе). Такой режим называется индуктивным. Однако таким образом можно поддерживать ток плазмы ограниченное время – пока центральный соленоид перекидывается от максимального к минимальному значению тока в себе. В ИТЭР используется абсолютно рекордный центральный соленоид массой ~1000 тонн, и его запаса энергии хватает на 400 секунд индуктивного режима на номинальной мощности 500 мегаватт.

Температуру плазмы так же можно поддерживать с помощью, изготавливаемых в России, гидротронов – генераторов микроволнового излучения, в таком случае плазму можно будет удерживать до 1000 секунд, при этом длительность работы ректора уже ограничивается интенсивностью работы охладительных систем.

Задачи экспериментального реактора. Важной задачей реактора является на практике доказать возможность получения тепловой энергии в соотношении 10 к 1. Потребляемая, согласно проекту, мощность реактора составит 50 МВт, что при тепловой выработке в 500 МВт как раз обеспечит соблюдение этой пропорции [2].

Так как реактор выделяет энергию в виде нейтронов, которые нужно поглотить в какой-то среде, следовательно, основной перспективой получения электрической энергии являются тепловые машины. Однако их режим работы

предполагает постоянный подвод пара или газов, чего не сможет обеспечить импульсный режим работы реактора. В связи с этим одной из важнейших задач является проведения экспериментов с целью поиска возможности перехода от импульсного режима работы к постоянному.

Так как реактор возводится для исследований, то электрическая энергия генерироваться на нем не будет. Вся энергия будет охлаждаться на градирнях.

Выделим ярко выраженные преимущества термоядерной энергетики перед традиционными и ядерными методами генерации:

1. Доступность топлива.
2. Отсутствие выбросов CO_2 .
3. Отсутствие «тяжелых» радиоактивных отходов.
4. Невозможность взрывного характера процесса.
5. Невозможность создания «грязных» бомб из ядерных отходов.

Одним из наиболее крупных недостатков является необходимость регулярной замены частей реактора, взаимодействующих с нейтронами. Существует необходимость вклада огромных денежных средств в развитие науки и материаловедения в частности, для создания сплавов выдерживающих продолжительную бомбардировку нейтронами.

Но я надеюсь, что в обозримом будущем человечество сможет зажечь множество маленьких звезд, тем самым значительно снизить свою зависимость от ископаемого топлива и улучшить как качество жизни растущего населения, так и сберечь экологию.

Список литературы

1. <https://tnenergy.livejournal.com/2565.html> (дата обращения: 05.04.2018).
2. <https://www.iter.org/construction/construction> (дата обращения: 05.04.2018).
3. <https://geektimes.ru/post/167523/> (дата обращения: 05.04.2018).
4. <https://www.iterrf.ru/docs/> (дата обращения: 05.04.2018).

Н. С. Трошина

СОВРЕМЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО ТЕПЛОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПО ПРИНЦИПУ КОГЕНЕРАЦИИ

Проанализирован опыт исследований, разработок и реализации на объектах теплоснабжения. Представлена схема отдельного и комбинированного производства тепловой и электрической энергии. Приведены основные преимущества внедрения процесса когенерации. Проанализированы вредные суммарные выбросы от современных электростанций к уровню вредных выбросов когенерационными энергоустановками.

Электрическая и тепловая энергия в большинстве случаев традиционно вырабатывается по отдельной генерации: электричество на электростанции, а тепловая энергия – на котельной. Однако, при отдельной генерации имеет место значительный низкий коэффициент использования топлива (до 50% потерь). В решении этого вопроса может помочь использование процесса когенерации в производстве [1].

Процесс когенерации представляет собой комбинированное производство электрической и тепловой энергии на базе одного источника энергии (первичного двигателя).

При эксплуатации традиционных (паровых) электростанций, в связи с технологическими особенностями процесса генерации энергии, большое количество выработанного тепла теряется в атмосферу через конденсаторы, градирни и т.п. Большая часть этого тепла может быть утилизирована и использована для удовлетворения тепловых потребностей, что повышает эффективность с 30-50% для электростанции до 80-90% в системах когенерации [2].

Сравнение между процессом когенерации и отдельным производством электрической и тепловой энергии приводится на рисунке.

За последние 25 лет исследований, разработок и реализации на объектах теплоснабжения процессов когенерации в значительной степени повысились технологии комбинированного производства тепловой и электрической энергии.

Процесс когенерации получает с каждым днем большее распространение по всему миру, что позволяет подтверждать его эффективность применения как

энергосберегающей технологии.

Уровень распространения процессов когенерации по всему миру позволяет утверждать, что это наиболее эффективная из существующих технологий энергоснабжения, позволяющая обеспечить тепловой и электрической нагрузкой потребителей.

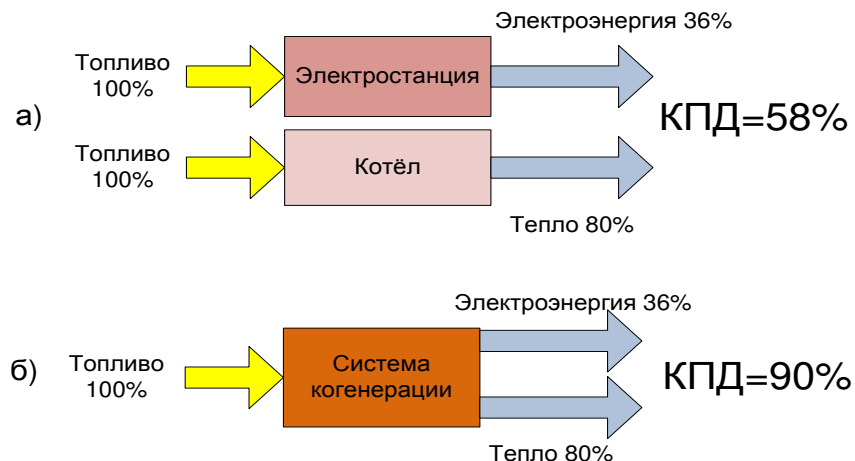


Рис. 1. Производство электроэнергии и тепла:
а) раздельное; б) процесс когенерации

Технология внедрения процесса когенерации позволяет производить совместно от одного первичного источника энергии электрическую и тепловую энергию, что раньше считалось невозможным. Основным достоинством внедрения процесса когенерации в мировом опыте принято выделять эффективность использования топлива энергии. Дополнительно с основным преимуществом выделяют автономность системы когенерации и ее экологичность.

Процесс когенерации позволяет оптимизировать процесс энергопотребления благодаря своей уникальной технологической концепции, основные преимущества которой включают:

1. Экономичность процесса производства энергии;
2. Надежность эксплуатации;
3. Утилизирование теплоты (например, выхлопных газов);
4. Экологическая составляющая.

Внедрение процесса когенерации на объектах энергоснабжения позволит существенно снизить затраты на выработку энергии, так как снижается себестоимость производимой продукции.

Постоянный рост тарифов на энергоснабжение (тепловую и электрическую энергию) сопровождается ростом цен и на другие виды

продукции, вырабатываемые различными отраслями хозяйств в нашей стране.

Современная экономика РФ сопровождается строительством новых микрорайонов и новых предприятий, что требует ввода дополнительных энергоисточников, как тепловой, так и электрической энергии. При этом, внедрение новых энергоисточников, работающих по традиционному раздельному производству энергии, сопровождается дополнительными сложностями и затратами – ввод и прокладка новых линий электропередач, строительство дополнительных трансформаторных станций и подстанций, разработка и прокладка новых теплотрасс от источника теплоснабжения и многие другие.

Внедрение процесса когенерации на объектах, располагаемых вблизи таких новых строений, позволит сократить подобные затраты, тем самым ускорить процесс ввода новых энергомощностей для обеспечения потребителей. Расположение источника энергоснабжения на базе процесса когенерации снижает потери энергии при транспортировке до минимальных по сравнению с традиционными источниками энергии, располагающимися вдали от потребителей.

Следующим преимуществом использования процесса комбинированного производства тепловой и электрической энергии является снижение затрат на топливопотребление, так как коэффициент полезного действия (КПД) почти в два раза превышает КПД при раздельном производстве энергии. Эффективное использование топлива в процессе когенерации позволяет применять утилизируемую теплоту первичного двигателя на покрытие нужд на сушку, охлаждение, кондиционирование, дополнительные тепловые и прочее нагрузки,

Энергоисточники, работающие по процессу когенерации и располагаемые вблизи потребителя, позволяют избежать или свести к минимуму риски в перебое энергоснабжения

Когенерация обеспечивает безопасность энергоснабжения.

Современные требования к энергоснабжению формулируются достаточно просто – надежность и бесперебойное энергоснабжение.

Комбинированное производство тепловой и электрической энергии, как было указано выше, является надежным источником энергоснабжения, что очень актуально в современном обществе и индустрии, работающим в круглосуточном режиме, тем самым выделяя потребность в автономном энергоисточнике.

Процесс когенерации позволяет обеспечить высокий энергетический КПД, благодаря утилизации теплоты первичны двигателей: теплоты выхлопных газов, в водяной рубашке охлаждения, в теплообменнике охлаждения масла, в промежуточном охладителе топливной смеси и другие виды теплоты (в зависимости от вида первичного двигателя). Примерно 67% энергии используемого топлива выбрасывается в окружающую среду при традиционном раздельном способе генерации энергии, при котором также имеют место высокие электро- и теплотери при транспортировке к потребителям [3].

На долю современных электростанций приходятся следующие суммарные выбросы:

- 2/3 двуокиси серы (SO_2);
- 1/4 окиси азота (NO_x),
- 1/3 ртути (Hg) 1/3 выбросов двуокиси углерода (CO_2).

Значительное влияние на увеличение экологических проблем, включая глобальное изменение климата, кислотные дожди, смог, загрязнение водных ресурсов и эутрофикацию важнейших водоемов, способствуют эмиссии, которые также влияют и на здоровье человека [3].

Уровень вредных выбросов когенерационными энергоустановками в значительной степени меньше, чем у крупных энергоростанций.

Использование когенерационных систем энергоснабжения будет особенно актуально в регионах с экологически ограниченной возможностью расширения энергосистем, например в курортных или заповедных зонах.

Высокая эффективность использования топлива, экологичность и ряд других преимуществ, связанных с эксплуатационными характеристиками первичных двигателей и систем утилизации выделяемого тепла, обуславливают развитие когенерационных энергокомплексов в России и за рубежом.

Список литературы

1. Комбинированное производство тепловой и электрической энергии. [электронный ресурс] – электрон. дан. – режим доступа: http://omsk.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/omsk/resources/993fdb0041a16f478ce4cc2d59c15b71/itogivpn2010_48.htm.

2. Практическое руководство по повышению энергоэффективности муниципальных систем. Под редакцией А. С. Копеца и Р. В. Кишканя – Донецк,

2007. – 204 с. [электронный ресурс] – электрон. дан. – режим доступа: http://journal.esco.co.ua/2009_9/art129.pdf

3. Когенерация. [электронный ресурс] – электрон. дан. – режим доступа: http://www.cogeneration.ru/base_benefit/benefits_heat.html

УДК 62.69

Д. А. Корнилов, М. Я. Пospelова

ЦЕЛЕВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕТЕЙ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ «УМНОГО ДОМА» В ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Рассмотрены варианты создания и регулировки отдельных независимых блоков для поддержания стабильной работы систем теплоснабжения в «Умных домах», которые дают возможность выравнивания местной отопительной нагрузки и способствуют безотказности работы.

Современная ситуация в жилищно-коммунальной сфере характеризуется тем, что, по наблюдениям экспертов, около 50% расходов бюджета региональных властей тратится на содержание жилищно-коммунального хозяйства. Примерно половина этих средств уходит на нужды теплоснабжения. При таких цифрах теплопотребления особое внимание необходимо уделять энергосберегающим мероприятиям на стадии разработки проекта.

Кроме того, комфорт всегда был одним из двигателей прогресса, заставляя человеческую мысль изобретать все новые и новые приспособления для облегчения собственной жизни. Многие современные новации в области строительства направлены на то, чтобы человеческие поселения приносили как можно меньше ущерба окружающей среде. Примером домов, которые в будущем позволят нам жить в гармонии с природой, в то же время не лишая себя привычного комфорта, являются так называемые «умные дома».

Концепция «умный дом» - один из самых значительных прорывов в строительстве. Главная задача систем "умный дом" состоит в том, чтобы обеспечить пользователю полный контроль и удобное управление инженерными системами и техническим оборудованием дома. Такой дом не зависит от внешних источников энергии. Это становится возможным благодаря

рациональному использованию источников тепла и энергии самого дома и окружающей его территории. Но кроме общего регулирования сетями и системами, можно создать отдельные независимые блоки для поддержания стабильной работы систем, в частности, системы теплоснабжения, которая является самой затратной с точки зрения экономических вложений.

Одним из предложений для умного дома является «Умное энергетическое покрытие», стабильный температурный режим работы строительных конструкций [1], трубопроводов и регулирующих элементов. Схема выработки энергии основана на принципе Пельтье и изоляционного слоя с фазовым переходом. Теплопроводные включения внутри слоя с фазово переходным материалом обеспечивают стабильную работу элемента Пельтье. В статье предложены варианты исполнения SmartEnergyCoating для режима работы с наибольшими показателями выработанной энергии при минимальной разнице температур

Единственный в Иркутской области энергоэффективный многоквартирный дом был открыт 2 марта 2012г. в 251 квартале Ангарска. Дом возвели всего за три месяца по канадской технологии из трехслойных панелей.

Для подобного дома были сделаны исследования и построена модель конструктивного исполнения SmartEnergyCoating, представленная на рис. 1 и 2.

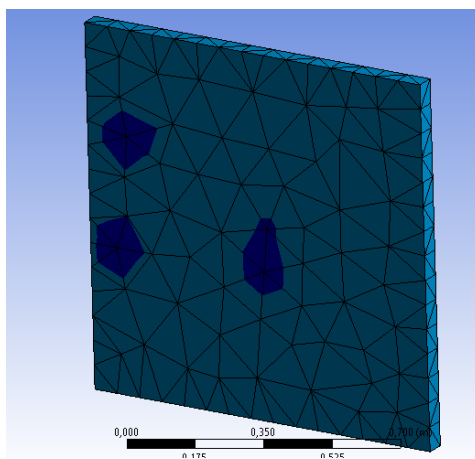


Рис. 1. Моделирование внутренних слоев фазопереходного слоя с теплопроводными включениями.

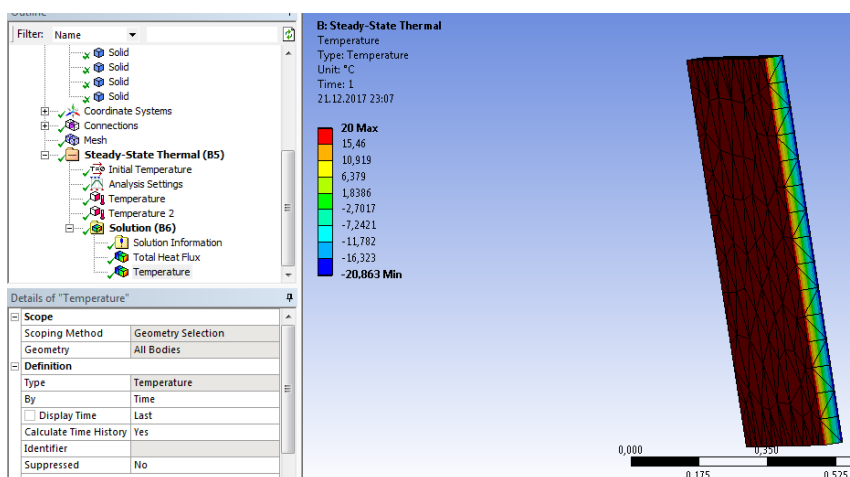


Рис. 2. Моделирование фазопереходного слоя с теплопроводными включениями, который будет наложен на термоэлектрический элемент Пельтье (Thermoelectric Cooler, TEC)

Таким образом, слой с теплопроводными включениями и фазопереходным составом гасит излишнюю инсоляцию без привлечения дополнительных электронных устройств [2,3]. Они могут быть применены для теплового аккумулирования солнечной энергии возобновляемых источников и являются экологически безопасными.

Предложения, сделанные в результате работы, дают возможность учитывать конструктивные особенности здания и региональные факторы. В процессе исследований были решены следующие задачи:

1. Уточнение величины теплотерь в зоне сложных конструктивных особенностей ограждающих конструкций зданий;
2. Проведение исследования процесса передачи тепла в части наружной стены здания с инсоляцией;
3. Разработка дополнений к методике расчета количества инсолированного тепла с учетом зависимости широты местности, а также теплотерь, обусловленных инсоляцией.
4. Поскольку для решения задачи был привлечен метод конечных разностей, используемый в пакете прикладных программ конечно-элементного моделирования, аналитическое решение картины распределения тепла в исследуемых конструктивных слоях позволило выявить зависимость действительной координаты и отображенной координаты и влияние теплотерь в местах внедренных элементов на общие теплотери здания.

Список литература

1. Pospelova, I. Determination of Optimal Heat-Storage Thickness of Layer for "Smart Wall" by Methods of Nonlinear Heat Conduction Equations for Phase-transition Materials. / I. Pospelova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (ICCATS 2017) 21–22 September 2017, Chelyabinsk, The Russian Federation. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/262/1/012031>
2. Поспелова, И. Ю. Расчёт работы тепловой трубы. / И. Ю. Поспелова, В. А. Филатов // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. – 2017. – № 6 – 5(53). – С. 89 – 90.
3. Поспелова, И. Ю. Тепловое моделирование неоднородных структур, ограждающих конструкций / И. Ю. Поспелова, А. С. Бондаренко // Снежный покров, атмосферные осадки, аэрозоли: климат и экология северных территорий и байкальского региона: Материалы 1-й международной научно-практической конференции / Иркутский национальный исследовательский технический университет. – 2017. – С. 230 – 234.

УДК 621.577

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМОВ НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНОЙ РАБОТЫ
ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В УСЛОВИЯХ ОМСКОГО РЕГИОНА**

Хороших Ольга Владимировна

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Аспирант кафедры «Теплоэнергетика», ОмГУПС.

Телефон: +7-983-528-5431

E-mail: kraftenergo@yandex.ru

Стариков Александр Петрович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Теплоэнергетика», ОмГУПС.

Телефон: +7 (3812) 31-06-23

E-mail: StarikovAP@omgups.ru

Рассмотрена актуальная тема повышения экономической и энергетической эффективности системы теплоснабжения на базе тепловых насосов, использующих в качестве низкопотенциального источника тепло грунта, за счет бинарных режимов работы.

Ключевые слова: *тепловой насос, отопление, тепло грунта, бинарный режим.*

**DETERMINATION OF THE MOST EFFECTIVE WORK
HEAT PUMPS IN THE CONDITIONS OF OMSK REGION**

Khoroshikh Olga Vladimirovna

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

Postgraduates of the department «Heat power engineering», OSTU.

Phone: +79835285431

E-mail: kraftenergo@yandex.ru

Starikov Alexander Petrovich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

Ph. D. in Technical Sciences, associate Professor, head of the department «Heat power engineering», OSTU.

Phone: +7 (3812) 31-06-23

E-mail: StarikovAP@omgups.ru

The actual theme of increasing the economic and energy efficiency of the heat supply system based on heat pumps, using as a low-potential source of heat of the soil, due to binary modes of operation.

Key words: *heat pump, heating, ground heat, binary mode.*

УДК 621.31: 330.131(045)

ВНЕДРЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ОБЪЕКТАХ ОМСКОЙ ДИСТАНЦИИ ГРАЖДАНСКИХ СООРУЖЕНИЙ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ Ж.Д.

Либик Дмитрий Викторович

Омская дистанция гражданских сооружений (НГЧ-1).

644044, г. Омск, ул. Нобелевский тупик, д.4.

Начальник Омской дистанции гражданских сооружений.

E-mail: ngch1-AyapanovaAK@wsr.ru

Трошина Наталья Сергеевна

Омская дистанция гражданских сооружений (НГЧ-1).

644044, г. Омск, ул. Нобелевский тупик, д.4.

Ведущий инженер производственно-технического отдела (ПТО) Омской дистанции гражданских сооружений.

E-mail: natalya.troshina@yandex.ru

Представлен ряд реализованных в 2017 году мероприятий, направленных на экономию потребления топливно-энергетических ресурсов. Подведены итоги работы по ресурсосбережению Омской дистанцией гражданских сооружений за 2017 г. Рассмотрены основные преимущества энергосберегающих технологий

Ключевые слова: *энергосбережение, тепловой пункт, экономия, тепловая энергия, энергосбережение, автоматизация.*

IMPLEMENTATION OF ENERGY SAVING MEASURES ON OBJECTS OF OMSK DISTANCE OF CIVIL CONSTRUCTIONS OF THE WEST-SIBERIAN RAILROAD

Libik Dmitriy Viktorovich

Omsk distance of civil constructions.

4, Nobel impasse st., 644044, Omsk, the Russian Federation.

Head Omsk distance of civil constructions.

E-mail: ngch1-AyapanovaAK@wsr.ru

Troshina Natalia Sergeevna

Omsk distance of civil constructions.

4, Nobel impasse st., 644044, Omsk, the Russian Federation.

Leading engineer of production and technical Department Omsk distance of civil constructions

E-mail: tartachevsasha@gmail.com

A number of measures implemented in 2017 aimed at saving fuel and energy resources consumption are presented. Summed up the work on resource Omsk distance of civil constructions for 2017 are Considered the main advantages of energy-saving technologies

Key words: *energy saving, heat point, economy, thermal energy, power saving, automation.*

УДК 621.311

ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАФИКА ТЕПЛОВОЙ СЕТИ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Куандыкова Айнур Амырхановна

АО «Омские распределительные тепловые сети» (АО «Омск РТС»).

644099, г. Омск, ул. Партизанская, 10.

Начальник отдела приборов учета АО «Омск РТС».

E-mail: Kuandykova_AA@omskrts.ru

Кокшаров Максим Валериевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Старший преподаватель кафедры «Теплоэнергетика», ОмГУПС.

E-mail: maxkok@mail.ru

В настоящее время повсеместно наблюдается снижение температурного графика теплоснабжения. Исследования зарубежных и отечественных специалистов показывают не однозначность данного вопроса. В работе рассмотрены варианты возможного снижения и намечены перспективы экономической целесообразности использования пониженных температурных графиков тепловой сети.

Ключевые слова: *тепловая энергия, температурный график, расхода тепловой энергии, расход теплоносителя, тепловые сети.*

PREDICTION OF THE EXPENSE OF THERMAL ENERGY FOR TECHNOLOGICAL OPERATIONS OF RAILWAY TRANSPORT BY THE ENTERPRISES

Kuandykov Ainur Amirhanova

JSC "Omsk heat distribution" (JSC "Omsk RTS").

644099, Omsk, street guerrilla, 10.

Head of the Department of metering devices of JSC "Omsk RTS".

E-mail: Kuandykova_AA@omskrts.ru

Koksharov Maksim Valerievich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

Senior lecturer of the Department "heat power Engineering", Omgups.

E-mail: maxkok@mail.ru

At present, there is a general decrease in the temperature schedule of heat supply. Studies of foreign and domestic specialists show not the unambiguousness of this issue. The paper considers the options for possible reduction and outlines the prospects for the economic feasibility of using lower temperature graphs of the heat network.

Key words: *thermal energy, temperature graph, heat energy consumption, coolant flow, heat networks.*

УДК 629.471

ПОДХОДЫ К ЦЕНООБРАЗОВАНИЮ В СФЕРЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБСЛЕДОВАНИЙ

Симак Роман Сергеевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика транспорта, логистика и управление качеством», ОмГУПС.

Тел.: (3812) 31-06-48.

E-mail: mail@it55.biz

Туканова Алена Сергеевна

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Студент группы 25и, ОмГУПС.

Авторами описаны особенности расчета стоимостных показателей процесса энергетического аудита железнодорожных предприятий, для выполнения обоснованных расчетов трудоемкости проведения энергетического аудита.

Проведен анализ основных подходов к ценообразованию в сфере энергетических обследований. Представлена система показателей, обосновывающих расчет цены проведения энергоаудита и методика оценки предельной стоимости проведения энергетического обследования.

Приведены результаты апробации данной методики в ОАО «Российские железные дороги», анализ удельной стоимости проведения обследований в расчете на одно структурное подразделение, а также представлена сводная информация по усредненной трудоемкости процесса энергоаудита железнодорожных предприятий.

Ключевые слова: *энергетический аудит, железнодорожный транспорт, деловые процедуры, энергосбережение, стоимость энергоаудита.*

APPROACH TO PRICING IN THE FIELD OF ENERGY AUDITS

Simak Roman Sergeyevich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

Ph.D. in Economical Sciences, the senior lecturer of the department «Transport economics, logistics and quality management», OSTU.

Phone: (3812) 31-06-48.

E-mail: mail@it55.biz

Simak Nadezhda Yurevna

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

Student groups 25i, OSTU.

The authors describe the features of the calculation of the cost indicators of the energy audit process of railway enterprises, to perform reasonable calculations of the complexity of the energy audit.

The analysis of the main approaches to pricing in the field of energy surveys. The system of indicators substantiating the calculation of the price of energy audit and the methodology for estimating the marginal cost of energy survey is presented.

Results of approbation of this methodology in JSC "The Russian Federationn Railways", the analysis of the unit cost of survey per structural unit, and also provides summary information on the average complexity of the process of energy audit of railway undertakings.

Key words: *energy audit, railway transport, business procedures, energy saving, cost of energy audit.*

УДК 699.865

О ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ УТЕПЛЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ СТЕН ЗДАНИЙ

Резанов Евгений Михайлович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Теплоэнергетика», доцент (Россия)

E-mail: rezanov1@mail.ru

Петров Павел Владимирович

Общество с ограниченной ответственностью «Сибирская проектная компания»

Карла Либкнехта ул., 35, г. Омск, 644099, Российская Федерация.

Заместитель директора по техническим вопросам

E-mail: ppv55@mail.ru

В статье рассмотрены способы утепления тепловой изоляцией стен зданий. Предложен технико-экономический способ определения оптимальной толщины утепления тепловой изоляцией ограждающих конструкций стен зданий.

Ключевые слова: теплоизоляция, толщина, ограждающие конструкции, эффективность, затраты.

ON THE TECHNO-ECONOMIC IMPROVEMENT OF THERMAL INSULATION OF WALL BUILDINGS

Rezanov Evgeniy Mikhailovich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Heat Power Engineering", Associate Professor.

E-mail: rezanov1@mail.ru

Petrov Pavel Vladimirovich

Limited Liability Company Siberian Design Company

Karla Libknekhta street, Omsk, 644099, the Russian Federation.

Deputy Director for Technical Issues

E-mail: ppv55@mail.ru

In the article methods of insulation by thermal insulation of walls of buildings are considered. A technical and economic method for determining the optimal thickness of insulation by thermal insulation of the enclosing structures of the walls of buildings is proposed.

Key words: thermal insulation, thickness, enclosing structures, efficiency, costs.

УДК 721.011.1:697.7

СИСТЕМА ИНДИВИДУАЛЬНОГО ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Глухов Сергей Витальевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Теплоэнергетика», ОмГУПС.

E-mail: svgluk@mail.ru

Глухова Мария Викторовна

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Теплоэнергетика», ОмГУПС.

E-mail: Marta_omgups@mail.ru

В статье приведено описание объекта исследования, предлагаемое техническое решение, расчет требуемой площади поверхности коллекторов и экономического эффекта при установке солнечных коллекторов вакуумного типа в климатических условиях города Омска для обеспечения потребителей горячей водой.

Ключевые слова: *солнечный коллектор, индивидуальный тепловой пункт, потребление горячей воды, тепловая энергия, срок окупаемости.*

THE SYSTEM OF INDIVIDUAL HOT WATER ON THE BASIS OF THE SOLAR COLLECTOR IN THE CLIMATIC CONDITIONS OF THE OMSK REGION

Glukhov Sergey V.

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

Ph. D. in Technical Sciences, Associate professor of «Heat power engineering»

E-mail: svgluk@mail.ru

Glukhova Maria V.

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

Ph. D. in Technical Sciences, Associate professor of «Heat power engineering»

E-mail: Marta_omgups@mail.ru

The article describes the object of study, the proposed technical solution, the calculation of the required surface area of collectors and the economic effect when installing vacuum-type solar collectors in the climatic conditions of the city of Omsk for providing consumers with hot water.

Key words: *solar collector, individual heat point, hot water consumption, thermal energy, payback period*

УДК 621.311

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТУРБОУСТАНОВКИ, РАБОТАЮЩЕЙ ПО КОМБИНИРОВАННОМУ ЦИКЛУ

Овсянников Виталий Васильевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Теплоэнергетика», ОмГУПС.

Тел.: (3812) 31-06-23

E-mail: witaliy1936@yandex.ru

Гусаров Артем Сергеевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС)

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.
Преподаватель каф. «Теплоэнергетика», ОмГУПС
Тел.: (3812) 31-06-23
E-mail: henaro9812@gmail.com

Получены результаты расчета энергетических показателей работы паротурбинной установки по комбинированному циклу, установлены зависимости энергетических показателей цикла от начальных и конечных параметров пара.

Ключевые слова: комбинированный цикл, необратимость, паротурбинная установка, параметры пара.

DETERMINATION OF ENERGY INDICATORS OF A COMBINED CYCLE TURBINE SET

Ovsyannikov Vitaliy Vasilevich

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.
Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor of the department « Thermal engineering», OSTU
Phone: (3812) 31-06-23
E-mail: witaliy1936@yandex.ru

Gusarov Artem Sergeevich

Omsk State Transport University (OSTU)
35, K. Marx av., Omsk, 644046, the Russian Federation
Lecturer of the Department «Thermal engineering», OSTU
Phone: (3812) 31-06-23
E-mail: henaro9812@gmail.com

The results of calculation of the energy parameters of the steam turbine unit operation by the combined cycle are obtained, the dependences of the cycle energy parameters on the initial and final parameters of the vapor are determined.

Key words: combined cycle, irreversibility, steam turbine unit, parameters of the vapor.

УДК 662.994

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАБОТЫ КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ УХОДЯЩИХ ГАЗОВ

Резанов Евгений Михайлович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).
Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Кандидат технических наук, доцент (Россия), доцент кафедры «Теплоэнергетика»
E-mail: rezanovel@mail.ru

Щебетова Кристина Андреевна

Омский государственный университет путей сообщения
Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.
Магистр второго курса кафедры «Теплоэнергетика»
E-mail: shebetova1994@mail.ru

*Рассмотрена эффективность применения термомасляных котельных агрегатов.
Предложена оптимизация температуры подогрева воздуха на выходе из рекуператора
котельного агрегата.*

Ключевые слова: *тепловая энергия, котел, утилизация, эффективность.*

IMPROVEMENT OF ECONOMICITY AND ECOLOGY OF WORK OF BOILER UNIT OF PETROCHEMICAL PRODUCTION BASED ON UTILIZATION OF HEAT OF LEAVING GASES

Rezanov Evgeniy Mikhailovich

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the
Department "Heat Power Engineering".
E-mail: rezanovel@mail.ru

Schebetova Kristina Andreevna

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.
Master of the second year of the department "Heat power engineering"
E-mail: shebetova1994@mail.ru

*The efficiency of application of thermal oil boiler units is considered. Optimization of the
preheating air temperature at the output from the recuperator of the boiler unit is proposed.*

Key words: *thermal energy, boiler, utilization, efficiency.*

УДК 662.6.9: 621.311.22

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ПРИ СЖИГАНИИ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА

Флек Екатерина Сергеевна

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).
Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Аспирант кафедры «Теплоэнергетика»

E-mail: voropaeva90@list.ru

В статье рассмотрена актуальная тема – снижение вредных выбросов при сжигании топлива. Представлены результаты расчета вредных выбросов в продуктах сгорания при сжигании угля и водоугольного топлива (ВУТ) в котельном агрегате ТП-35у. Показано, что сжигание ВУТ позволяет существенно снизить выбросы вредных веществ в атмосферу.

Ключевые слова: водоугольное топливо, уголь, котельный агрегат, вредные выбросы, продукты сгорания.

RESULTS OF INVESTIGATION OF HARMFUL EMISSIONS FROM COMBUSTION OF COAL-WATER FUEL

Flek Ekaterina Sergeevna

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

Graduate student of «Heat power engineering».

E-mail: voropaeva90@list.ru

The article deals with the actual topic - reducing harmful emissions from fuel combustion. The results of the calculation of harmful emissions in combustion products during the combustion of coal and coal-water fuel (CWF) in the boiler unit TP-35u are presented. It is shown that burning of CWF allows to significantly reduce emissions of harmful substances into the atmosphere.

Key word: coal-water fuel, coal, boiler unit, harmful emissions, combustion products.

УДК 662.661.76

СЛОЕВОЕ СЖИГАНИЕ ТОРФА С ПЛОСКОЙ НЕПОДВИЖНОЙ КОЛОСНИКОВОЙ РЕШЕТКОЙ. ОСНОВЫ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Липко Максим Анатольевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

студент (очно) кафедры «Теплоэнергетика», ОмГУПС.

тел. +7 913 143 20 79

E-mail: maks.lipko1997@gmail.com

Акижанов Арлан Рашидович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

студент (очно) кафедры «Теплоэнергетика», ОмГУПС.

тел. +7 950 792 49 52.

Ведрученко Виктор Родионович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).
Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.
Доктор технических наук, профессор кафедры «Теплоэнергетика», ОмГУПС.
тел. +7 (3812) 31-06-23.

Лазарев Евгений Сергеевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).
Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.
Преподаватель кафедры «Теплоэнергетика», ОмГУПС
тел. +7 (3812) 31-06-23

В статье показаны разведанные данные запасов торфа в России, а так же нормы качества торфа и схема последовательных фаз процесса горения. Так же поведение топлива в процессе его сжигания, его положительные и отрицательные стороны.

Ключевые слова: *торф, выход летучих, топливо, плоская неподвижная колосниковая решетка, теплоты сгорания.*

**LAYER BURNING OF TORF WITH PLANE FIXED STRAIGHT GRID.
BASICS OF PHYSICAL PROCESSES**

Lipko Maxim Anatolievich

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.
student (full time) of the department "Heat power engineering", OSTU.
Tel. +7 913 143 20 79
E-mail: maks.lipko1997@gmail.com

Akilzhanov Arlan Rashidovich

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.
student (full time) of the department "Heat power engineering", OSTU.
Tel. +7 950 792 49 52

Vedruchenko Victor Rodionovich

Omsk State Railway University (OSTU).
35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.
Doctor of technical Sciences, Professor in the Department "Heat power engineering", OSTU.
Tel. +7 (3812) 31-06-23

Lazarev Evgeny Sergeevich

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.
Teacher of the department «Heat power engineering», OSTU.
Tel. +7 (3812) 31-06-23

The article shows the proven data of peat reserves in the Russian Federation, as well as peat quality standards and the scheme of successive phases of the combustion process. The same behavior of fuel in the process of its combustion, its positive and negative sides.

Key words: *peat, volatile output, fuel, flat fixed grate, heat of combustion.*

УДК 662.769.21

ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОДА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Рожкова Анастасия Владимировна

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Студент кафедры «Теплоэнергетика», ОмГУПС.

E-mail: anastasiya_rozhk@mail.ru

В статье приведен анализ водорода как топлива для отопления частных домов, сравнительная характеристика природного газа и водорода, способы получения водорода и предложена схема установки для сжигания водорода.

Ключевые слова: *водород, природный газ, электролиз, водородный котел, электролизер, газ Брауна, альтернативное топливо.*

PROSPECTS AND ADVANTAGES OF USING HYDROGEN FOR THE PRODUCTION OF THERMAL AND ELECTRIC ENERGY

Rozhkova Anastasia Vladimirovna

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

The student of the department «Heat power engineering», OSTU.

E-mail: anastasiya_rozhk@mail.ru

The article gives an analysis of hydrogen as a fuel for heating private houses, a comparative characteristic of natural gas and hydrogen, methods for obtaining hydrogen, and a scheme for a plant for burning hydrogen is proposed.

Key words: *hydrogen, natural gas, electrolysis, hydrogen boiler, electrolyzer, Brown gas, alternative fuel.*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОДОГРЕВА ВОЗДУХА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕПЛОВОЙ РАБОТЫ ТЕРМИЧЕСКОГО АГРЕГАТА

Парамонов Александр Михайлович

Омский государственный технический университет (ОмГТУ).

Мира пр., 11, г. Омск, 644050, Российская Федерация.

Доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Теплоэнергетика», ОмГТУ.

E-mail: amparamonov@mail.ru

Резанов Евгений Михайлович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Теплоэнергетика», ОмГУПС.

E-mail: rezanov1@mail.ru

Приведены результаты численного исследования влияния температуры подогрева воздуха, необходимого для горения топлива в радиационной трубе, на тепловой режим и технико-экономическую работу термического агрегата.

Ключевые слова: *температура, радиационная труба, рекуператор, затраты, эффективность.*

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF AIR HEATING TEMPERATURE ON THE EFFICIENCY OF THERMAL OPERATION OF A THERMAL UNIT

Paramonov Alexander Mikhailovich

Omsk State Technical University (OmSTU).

11, Mira st., Omsk, 644050, the Russian Federation.

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department «Heat Power Engineering», OmSTU.

E-mail: amparamonov@mail.ru

Rezanov Evgeniy Mikhailovich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department «Heat Power Engineering», OSTU

E-mail: rezanov1@mail.ru

The results of a numerical study of the influence of the air heating temperature required for fuel combustion in a radiation tube, on the thermal regime, and the technical and economic operation of the thermal unit are presented.

Key words: *temperature, radiation tube, recuperator, costs, efficiency*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ В ПОЕЗДАХ ДАЛЬНОГО СЛЕДОВАНИЯ

Матяш Юрий Иванович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Доктор технических наук, профессор кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство»,
ОмГУПС.

Тел.: (3812) 31-06-72

E-mail: matiash41@mail.ru

Родченко Александр Дмитриевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство»,
ОмГУПС.

Тел.: (3812) 31-06-72

E-mail: rodchenko_57@mail.ru

Колтышкин Андрей Валерьевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Аспирант кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство», ОмГУПС.

Тел.: (3812) 31-06-72

E-mail: kav-91-07-28@mail.ru

В статье показывается актуальность совершенствования систем кондиционирования пассажирского вагона. Рассмотрены существующие решения по улучшению систем кондиционирования. На основе проведенного обзора существующих устройств, указаны их недостатки. Обозначена необходимость усовершенствования систем кондиционирования для повышения эксплуатационных показателей подвижного состава и обеспечения требуемых параметров микроклимата в поездах дальнего следования.

Ключевые слова: кондиционирование, пассажирский вагон, система жизнеобеспечения, микроклимат, индивидуальное регулирование температуры.

IMPROVEMENT OF AIR-CONDITIONING SYSTEMS IN LONG DISTANCE TRAIN

Matyash Yuriy Ivanovich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

Dr. Sci. Tech., professor of the department «Carriage», OSTU.

Phone: (3812) 31-06-72.
E-mail: matiash41@mail.ru

Rodchenko Aleksandr Dmitrievich

Omsk State Transport Univirsity (OSTU).
35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.
Ph.D. in Technical Sciences, the senior lecturer of the department «Carriages», OSTU.
Phone: (3812) 31-06-72.
E-mail: rodchenko_57@mail.ru

Koltyshkin Andrey Valerevich

Omsk State Transport Univirsity (OSTU).
35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.
Post-graduate student of the department «Carriages», OSTU.
Phone: (3812) 31-06-72.
E-mail: kav-91-07-28@mail.ru

The article describes the actuality of passenger wagon's improvement of air-conditioning system. Existing solutions to improve air-conditioning system are considered. A review of the of the existing devices are done, their deficiencies listed. The need for air-conditioning system improvements to provide the service performance of rolling stock and ensuring the required microclimate parameters in long-distance trains is highlighted.

Key words: *air conditioning, passenger car, life support system, microclimate, individual temperature control.*

УДК 621.311.243

СОЛНЕЧНЫЕ КОЛЛЕКТОРЫ ПРЕИМУЩЕСТВА И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Липко Максим Анатольевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).
Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.
Студент кафедры «Теплоэнергетика», ОмГУПС.
E-mail: maks.lipko1997@gmail.ru

Финиченко Александра Юрьевна

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).
Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Теплоэнергетика», ОмГУПС.
E-mail: Finichenko@mail.ru

В статье рассмотрена работа солнечных коллекторов, а так же их схемы для отопления и горячего водоснабжение, их преимущества и недостатки.

Ключевые слова: *солнечные коллекторы, отопление, горячее водоснабжение, схемы гелиосистем.*

SOLAR COLLECTORS ADVANTAGES AND FIELDS OF APPLICATION

Lipko Maxim Anatolievich

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.
Student, the department of «Heat Power Engineering».
E-mail: maks.lipko1997@gmail.ru

Finichenko Aleksandra Yurievna

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.
Ph. D. in Technical Sciences, the department of «Heat Power Engineering».
E-mail: Finichenko@mail.ru

The article considers the work of solar collectors, as well as their schemes for heating and hot water supply, their advantages and disadvantages.

Key words: *solar collectors, heating, hot water supply, schemes of solar systems.*

УДК 629.12-8(075.3)

АНАЛИЗ ГОРЕНИЯ ЧАСТИЦ КОКСА И КАПЛИ ЖИДКОГО ТОПЛИВА

Ведрученко Виктор Родионович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС)
Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.
профессор, доктор технических наук кафедры «Теплоэнергетика», ОмГУПС
E-mail: vedruchenkovr@mail.ru

Штиб Алексей Викторович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС)
Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.
аспирант кафедры «Теплоэнергетика», ОмГУПС
E-mail: shtib93@mail.ru

Литвинов Павел Васильевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС)
Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.
аспирант кафедры «Теплоэнергетика», ОмГУПС
E-mail: p_vasilich55@mail.ru

В статье проанализирована физическая модель воспламенения и горения капли жидкого топлива и частицы кокса. Выявлены влияющие факторы на скорость сгорания капли жидкого топлива или частицы кокса.

Ключевые слова: *скорость горения, распыл топлива, пары топлива.*

METHODS FOR IMPROVING THE EFFICIENCY OF DIESEL-POWER PLANTS

Vedruchenko Victor Rodionovich

Omsk State Transport University (OSTU)

35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

Doctor of technical Sciences, Professor, Professor in the Department «Heat power engineering»

E-mail: vedruchenkovr@mail.ru

Shtib Alexey Viktorovich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

post-graduate student of the department «Heat power engineering»

E-mail: shtib93@mail.ru

Litvinov Pavel Vasilievich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

post-graduate student of the department «Heat power engineering»

E-mail: p_vasilich55@mail.ru

The paper analyzes the physical model of ignition and combustion of liquid fuel droplets and coke particles. Influencing factors on the combustion rate of a droplet of liquid fuel or coke particles

Key words: *burning rate, fuel atomization, fuel vapor.*

УДК 697.34

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Кузнецова Мария Андреевна

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Студент, ОмГУПС.

E-mail: kuznetcova994@gmail.com

Стариков Александр Петрович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС)

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Теплоэнергетика»

Телефон: +7 (3812) 31-06-23

E-mail: StarikovAP@omgups.ru

В статье произведена оценка эффективности работы индивидуальных тепловых пунктов на примере студенческого городка «Омского государственного университета путей сообщения». Для оценки эффективности работы индивидуальных тепловых пунктов выполнен корреляционный анализ между среднемесячной температурой и количеством теплоты, потребленной по приборам учета по рассматриваемым объектам теплоснабжения.

Ключевые слова: оценка эффективности, индивидуальный тепловой пункт, корреляция, температура, отопление, горячее водоснабжение.

PERFORMANCE ASSESSMENT OF INDIVIDUAL HEATING UNIT BASED ON OPERATIONAL CONTROL RECORDS

Kuznetcova Maria Andreevna

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

student

E-mail: kuznetcova994@gmail.com

Starikov Alexander Petrovich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

Ph. D. in Technical Sciences, associate Professor, head of the department «Heat power engineering», OSTU.

Phone: +7 (3812) 31-06-23

E-mail: StarikovAP@omgups.ru

In the article was done performance assessment of individual heating basis of the campus of Omsk State Transport University (OSTU). To evaluate the efficiency of individual heating UNIT was made the correlation analysis between the average monthly temperature and the amount of heat consumed by the heat meters.

Key words: performance assessment, individual heating unit, correlation coefficient, temperature, heating, domestic hot water (DHW).

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ ДИЗЕЛЬ-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Штиб Алексей Викторович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

аспирант кафедры «Теплоэнергетика», ОмГУПС.

E-mail: shtib93@mail.ru

Ведрученко Виктор Родионович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

профессор, доктор технических наук кафедры «Теплоэнергетика», ОмГУПС.

E-mail: vedruchenkovr@mail.ru

Статья содержит технические решения и рекомендации по переходу с одного вида топлива на другой. Снижение затрат на топливо может быть осуществлено путем использования тяжелых сортов и путем поддержания оптимальных режимов работы дизельных двигателей. В целях достижения оптимальной экономичности в процессе проектирования обязательно осуществляется максимальная стандартизация, то есть подбор материалов, механизмов, устройств, систем и т.д.

Ключевые слова: дизель-энергетическая установка, эксплуатационные затраты, топливная система, вязкость топлива.

METHODS FOR IMPROVING THE EFFICIENCY OF DIESEL-POWER PLANTS

Shtib Alexey Viktorovich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

post-graduate student of the department «Heat power engineering»

E-mail: shtib93@mail.ru

Vedruchenko Victor Rodionovich

Omsk State Transport University (OSTU)

35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

Doctor of technical Sciences, Professor, Professor in the Department «Heat power engineering»

E-mail: vedruchenkovr@mail.ru

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННО-ОТОПИТЕЛЬНОЙ КОТЕЛЬНОЙ ОМСКОГО КОМБИНАТА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПУТЕМ РЕКОНСТРУКЦИИ В ТЭЦ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Кузнецов Владислав Александрович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Аспирант кафедры «Теплоэнергетика», ОмГУПС.

E-mail: Spiker129@mail.ru

Лебедев Виталий Матвеевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Доктор технических наук, профессор кафедры «Теплоэнергетика», ОмГУПС.

E-mail: Heatomgups@mail.ru

В данной статье затрагиваются вопросы о повышении энергетической эффективности промышленно – отопительной котельной. Представлена тепловая схема после реконструкции производственно – отопительной котельной в ТЭЦ малой мощности.

Ключевые слова: энергетическое обследование, энергосбережение, топливо, котельная, ТЭЦ малой мощности.

IMPROVEMENT OF ENERGY EFFICIENCY OF INDUSTRIAL - HEATING BOILER OMSK COMBINE OF CONSTRUCTION STRUCTURES FOR THE ACCOUNT OF ITS RECONSTRUCTION IN LOW-POWER CHP

Vladislav Kuznetsov Alexandrovich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

Post-graduate student of the department «Heat power engineering»

Spiker129@mail.ru

Lebedev Vitaliy Matveevich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

Doctor of technical Sciences, Professor in the Department «Heat power engineering».

E-mail: Heatomgups@mail.ru

This article raises questions about improving the energy efficiency of the industrial heating boiler house. The thermal scheme is presented after reconstruction of the production - heating boiler house in low-power CHP.

Key words: *energy inspection, energy saving, fuel, boiler room, low-power CHP.*

УДК 621.311:621.182

МОДЕРНИЗАЦИЯ ОМСКОЙ ТЭЦ-2 С ПОЛНЫМ ПЕРЕВОДОМ НА ГАЗООБРАЗНОЕ ТОПЛИВО

Рацин Евгений Александрович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Аспирант кафедры «Теплоэнергетика», ОмГУПС.

E-mail: zhenya_ratz@mail.ru

Статья посвящена исследованию и анализу эффективности реконструкции структурного подразделения «ТЭЦ-2» АО «Омск РТС» по полному переводу на использование газа в качестве основного топлива с уходом от угольной составляющей.

Ключевые слова: *газ, уголь, модернизация, основное топливо.*

MODERNIZATION OF OMSK CHP-2 WITH COMPLETE TRANSFER TO GAS FUEL

Ratsin Evgeniy Alexandrovich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

post-graduate student of the department «Thermal power engineering»

E-mail: zhenya_ratz@mail.ru

The article is devoted to the study and analysis of the efficiency of reconstruction of the structural unit of "CHP-2" JSC "Omsk RTS" for a full transfer for the use of gas as the main fuel with the departure from the coal component.

Key words: *gas, coal, modernization, the main fuel*

УДК 697.7

ПОДБОР СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Финиченко Александра Юрьевна

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Теплоэнергетика», ОмГУПС.

E-mail: Finichenko@mail.ru

Тартачев Александр Андреевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Студент, кафедры «Теплоэнергетика», ОмГУПС

E-mail: tartachevsasha@gmail.com

Произведен сбор климатических ежедневных данных за годовой период для заданной локации, первичный анализ полученных данных и подробная визуализация положения Солнца в течение года, выбор оптимальных технических параметров системы солнечного коллектора на основе климатических данных для выбранной локации (г. Омск). Приведена методика подбора солнечного коллектора.

Ключевые слова: *солнечный коллектор, тепловая энергия, климат, гелиосистема, отопление, горячее водоснабжение.*

SELECTION OF THE SOLAR COLLECTOR ON THE BASIS OF STATISTICAL DATA

Finichenko Aleksandra Yurievna

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

Ph. D. in Technical Sciences, associate professor of «Heat power engineering».

E-mail: Finichenko@mail.ru

Tartachev Alexander Andreevich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

Student, the department of «Heat power engineering».

E-mail: tartachevsasha@gmail.com

Charge climatic daily data for the annual period is made for the set location, primary analysis of the obtained data and detailed visualization of position of the Sun within a year, the choice of optimum technical parameters of system of a solar collector on the basis of climatic data for the chosen location (Omsk). The technique of selection of a solar collector is given.

Key words: *Solar collector, thermal energy, climate, heliosystem, heating, hot water supply.*

К ВОПРОСУ О ВНЕДРЕНИИ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ ПОЖАРОТУШЕНИЯ НА ОБЪЕКТАХ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

Гайденко Андрей Николаевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности и экология».

E-mail: uklast@mail.ru

Алафьев Михаил Константинович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС)

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Доцент кафедры БЖЭ ОмГУПС

Рассматриваются инновационные подходы возможного внедрения современных средств тушения пожаров на объектах теплоэнергетического комплекса с использованием «сухой воды».

Ключевые слова: *средства пожаротушения, объекты теплоэнергетики, сухая вода.*

ON THE PROBLEM OF INTRODUCTION OF MODERN FIRE-FIGHTING DEVICES ON HEAT-POWER ENGINEERING OBJECTS

Gaydenko Andrey Nikolaevich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

Docent the Department «Life Safety and Ecology », OSTU.

E-mail: uklast@mail.ru

Alafev Mihail Konstantinovich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

Docent the Department «Life Safety and Ecology », OSTU.

The article deals with the innovative approaches to appropriate use of modern devices for fires extinguishing at the facilities of heat and power complex with the help of "dry water".

Key words: *Tools for fire fighting, objects of power, dry water.*

УДК 629.1

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С МАЛОЙ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКОЙ

Бельская Татьяна Игоревна

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Аспирант кафедры «Теплоэнергетика»

E-mail: BelskayaTI@gmail.com

Чичерин Станислав Викторович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Аспирант кафедры «Теплоэнергетика».

E-mail: man_csv@hotmail.com

В работе определен концепт системы центрального теплоснабжения (СЦТ) четвертого поколения. Представлено сравнение нескольких вариантов установки элементов, улучшающих энергоэффективность системы централизованного теплоснабжения: при помощи аккумулятора тепловой энергии (бак-аккумулятор горячей воды, первый сценарий), энергосберегающих мероприятий у потребителей тепла (второй сценарий) или источников распределенной генерации (третий сценарий).

Ключевые слова: *энергоэффективность, централизованное теплоснабжение, СЦТ, тепловая сеть, аккумулятор тепловой энергии*

IMPROVING THERMAL PERFORMANCE OF A LOCAL DISTRICT HEATING SYSTEM

Belskaya Tatiana Igorevna

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

PhD fellow, department «Thermal Engineering».

E-mail: BelskayaTI@gmail.com

Chicherin Stanislav Viktorovich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

PhD fellow, department «Thermal Engineering».

E-mail: man_csv@hotmail.com

The paper has defined the concept of 4th generation District Heating (DH) system. A comparison of different network units in combination with different heat supply supporting facilities is presented. They can be served as follows: from Thermal Energy Storage (TES, 1st option), energy saving measures of heat consumers (2nd options), as well as individual contributions from the connected buildings (3rd options).

Key words: *energy efficiency, District Heating, DH, heat distribution network, thermal energy storage*

УДК 621.184.64

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С УТИЛИЗАЦИЕЙ ТЕПЛОТЫ УХОДЯЩИХ ГАЗОВ ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ

Грохотов Валерий Юрьевич

АО «Омск РТС» инженер.

Студент магистратуры ОмГТУ каф. «Теплоэнергетика»

E-mail: 19valera94@mail.ru

Грохотова Марина Владимировна

АО «Омск РТС» инспектор.

Студент магистратуры ОмГТУ каф. «Теплоэнергетика».

E-mail: safonova.marina@inbox.ru

Разработка и совершенствование технологий, повышающих эффективность использования топливно-энергетических ресурсов при эксплуатации теплоэнергетических установок является приоритетной задачей в стратегии энергетического развития нашей страны. На объектах, использующих газотурбинные технологии, применение комбинированной системы теплоснабжения на базе двухсекционных теплообменников утилизаторов позволяет добиться существенной экономии топлива. Комплексное решение вопросов использования указанных систем может быть достигнуто путем оптимизации распределения тепловых нагрузок.

Ключевые слова: *комбинированная система теплоснабжения, теплообменник – утилизатор, экономия топлива, повышения эффективности.*

DEVELOPMENT OF COMBINED HEAT SUPPLY SYSTEM WITH HEAT RECOVERY OF EXHAUST GASES GASTURBINE UNIT.

Grokhotov Valeriy Yuryevich

Omsk State Technical University (OmSTU).

11, Mira st., Omsk, 644050, the Russian Federation.

Student of Master's degrees OmSTU.

E-mail: 19valera94@mail.ru

Grokhotova Marina Vladimirovna

Omsk State Technical University (OmSTU).

11, Mira st., Omsk, 644050, the Russian Federation.

Student of Master's degrees OmSTU.

E-mail: safonova.marina@inbox.ru

Development and improvement technologies increasing efficiency using fuel and energy resources at operation of thermal power installations are priority task in strategy of power development our county. At facilities using gas turbine technologies, apply of a combined heat supply system based on two-section heat recovery are allowed to achieve significant fuel economy. Complex solutions using these systems can be reached by optimization the distribution of thermal loads.

Key words: *combined heat supply system, heat recovery, fuel economy, increase efficiency.*

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В БАШЕННЫХ ГРАДИРНЯХ

Жданова Ирина Владимировна

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Магистрант кафедры «Теплоэнергетика», ОмГУПС.

zhdanik20@mail.ru

На данный момент в промышленном строительстве все больше внимания уделяется новым сложным формам сооружений, аэродинамика которых неизвестна. Так, например, в связи с возрастанием мощности современных промышленных предприятий, в первую очередь, энергоблоков тепловых и атомных электростанций, актуальной становится задача увеличения единичной производительности башенных градирен, используемых в оборотных системах технического водоснабжения.

Ключевые слова: башенные градирни, аэродинамические элементы, эффективность, ветроперегородки.

EFFICIENCY OF AERODYNAMIC ELEMENTS APPLICATION IN TOWER COOLING TOWERS

Zhdanova Irina Vladimirovna

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

Graduate student of «Heat power engineering».

zhdanik20@mail.ru

At the moment, in industrial construction, more and more attention has been paid to new complex forms of structures whose aerodynamics are unknown. So, for example, in connection with the increase in the capacity of modern industrial enterprises, first of all, power units of thermal and nuclear power plants, the task is to increase the single capacity of tower cooling towers used in circulating water supply systems.

Key words: tower cooling towers, aerodynamic elements, efficiency, wind-retarding.

ПОВЫШЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ (РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ) ДЕТАЛЕЙ ТУРБОМАШИН

Куандыкова Айнура Амырхановна

АО «Омские распределительные тепловые сети» (АО «Омск РТС»).

Партизанская ул., 10, г. Омск, 644099, Российская Федерация.

Начальник отдела приборов учета АО «Омск РТС».

E-mail: Kuandykova_AA@omskrts.ru

Станчёнков Владислав Иванович

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ).

Мира пр., 5, г. Омск, 644080, Российская Федерация.

Студент группы НТКб-15А1 факультета «Автомобильный транспорт», СибАДИ.

Беховец Максим Николаевич

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ).

Мира пр., 5, г. Омск, 644080, Российская Федерация.

Студент группы НТКб-15А1 факультета «Автомобильный транспорт», СибАДИ.

В конструкции агрегатов турбомашин значительную долю занимают детали, имеющие геометрически сложенные поверхности в сочетании с высокими требованиями к параметрам точности и шероховатости, что приводит к размерной обработке деталей на станках в автоматизированном режиме и к использованию процессов ручной слесарной обработки с повышенной трудоемкостью на операция заготовления и ремонта этих деталей. Приведены решения, которые обеспечивают получение заданных параметров при обработке на автоматизированном оборудовании.

Ключевые слова: *технологичность и ремонтпригодность конструкции, сложные поверхности, параметры шероховатости, трудоемкость, лезвийная обработка, абразивная обработка.*

ENSURING OF WEAR RESISTANCE OF PARTS OF POWER PLANTS BY THE COMBINATION OF THERMAL COATING AND HARDENING

Kuandykov Ainur Amirhanova

JSC "Omsk heat distribution" (JSC "Omsk RTS").

644099, Omsk, street guerrilla, 10.

Head of the Department of metering devices of JSC "Omsk RTS".

E-mail: Kuandykova_AA@omskrts.ru

Senchenkov Vladislav Ivanovich

Siberian State Automobile and Highway University (SibADI).

5, Mira st., Omsk, 644080, the Russian Federation.

Student group NDB-15A 1 of the faculty "road transport", SibADI.

Bykhovets Maxim Nikolaevich

Siberian State Automobile and Highway University (SibADI).

644080, Omsk, Mira Ave, 5.

Student group NDB-15A 1 of the faculty "road transport", SibADI.

In the design of units of turbomachines, a significant proportion is occupied by parts that have geometrically folded surfaces in combination with high requirements for accuracy and

roughness parameters, which leads to dimensional processing of parts on machines in an automated mode and to the use of manual machining processes with increased labor intensity for the operation of procurement and repair of these parts. The solutions that provide obtaining the specified parameters during processing on automated equipment are presented.

Key words: *manufacturability and maintainability of the design, complex surfaces, roughness parameters, labor input, blade processing, abrasive treatment.*

УДК 621.384-15

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК КОМБИНИРОВАНИЕМ ГАЗОТЕРМИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ И УПРОЧНЕНИЯ

Бейсембаев Дамир Амангельдыевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Магистрант кафедры «Технология транспортного машиностроения и ремонт подвижного состава», ОмГУПС.

Станчёнков Владислав Иванович

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ).

Мира пр., 5, г. Омск, 644080, Российская Федерация.

Студент группы НТКб-15А1 факультета «Автомобильный транспорт», СибАДИ.

Беховец Максим Николаевич

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ).

Мира пр., 5, г. Омск, 644080, Российская Федерация.

Студент группы НТКб-15А1 факультета «Автомобильный транспорт», СибАДИ.

Приведены результаты исследований по определению оптимальных условий упрочнения поверхностным пластическим деформированием деталей узлов и агрегатов транспортного средства в условиях изготовления и восстановления деталей транспортного средства с нанесением восстановительного слоя.

Ключевые слова: *деталь, поверхностное упрочнение, пластическое деформирование, обкатывание, раскатывание.*

ENSURING OF WEAR RESISTANCE OF PARTS OF POWER PLANTS BY THE COMBINATION OF THERMAL COATING AND HARDENING

Beysembaev Damir Amangeldyevich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

Master's student of the Department "technology of transport engineering and repair of

rolling stock", OSTU.

Senchenkov Vladislav Ivanovich

Siberian State Automobile and Highway University (SibADI).

644080, Omsk, Mira Ave, 5.

Student group NDB-15A 1 of the faculty "road transport", SibADI.

Bykhovets Maxim Nikolaevich

Siberian State Automobile and Highway University (SibADI).

Mira Ave, 5644080, Omsk,.

Student group NDB-15A 1 of the faculty "road transport", SibADI.

The results of studies to determine the optimal conditions of hardening of the surface of the plate by deformation of parts and assemblies of rolling stock in terms of production and restoration of rolling stock components with the application of a rehabilitation layer.

Keywords: *part, surface hardening, plastic deformation, rolling.*

УДК 621.004

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Выходцев Павел Витальевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Студент кафедры «Теплоэнергетика», ОмГУПС.

В статье раскрываются возможности применения моделирования в теплоэнергетических процессах. Показан краткий обзор основных форм для моделирования. Представлен пример разработанного видеоролика, в котором визуализирована принципиальная тепловая схема ТЭЦ.

Ключевые слова: *моделирование, теплоэнергетика, модели, процессы, видеоролик.*

MODELLING OF HEAT POWER PROCESSES

Vykhodtsev Pavel Vitalyevich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

Student (full time) of the department "Heat power engineering", OSTU.

In article possibilities of application of modeling in heat power processes reveal. The short review of the main forms for modeling is shown. The example of the developed video in which the schematic thermal diagram of combined heat and power plant is visualized is presented.

Key words: *modeling, power system, models, processes, video.*

УДК 629.4.016.2

ОБ УТИЛИЗАЦИИ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕОСТАТНЫХ ИСПЫТАНИЙ ТЕПЛОВОЗОВ

Тарута Виктор Федорович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Локомотивы», ОмГУПС

E-mail: svgluk@mail.ru

Глухов Сергей Витальевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС)

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Теплоэнергетика», ОмГУПС

E-mail: svgluk@mail.ru

Глухова Мария Викторовна

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС)

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Теплоэнергетика», ОмГУПС

E-mail: Marta_omgups@mail.ru

В статье приведена оценка величины тепловой энергии, которая может быть утилизирована на выходе дымовых газов из дизельного двигателя тепловоза ТЭМ18ДМ в процессе проведения его реостатных испытаний. Приведены варианты полезного использования данной тепловой энергии.

Ключевые слова: *утилизация тепловой энергии, дизельный двигатель, реостатные испытания*

ABOUT THE UTILIZATION OF SECONDARY ENERGY RESOURCES WHEN PERFORMING RESISTANCE TESTS OF LOCOMOTIVES

Taruta Victor F.

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

Ph. D. in Technical Sciences, Associate professor of «Locomotives», OSTU.

E-mail: tarutavf@gmail.com

Glukhov Sergey V.

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.
Ph. D. in Technical Sciences, Associate professor of «Heat power engineering», OSTU.
E-mail: svgluk@mail.ru

Glukhova Maria V.

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.
Ph. D. in Technical Sciences, Associate professor of «Heat power engineering», OSTU.
E-mail: Marta_omgups@mail.ru

The article describes the estimate of thermal energy, which may be disposed at the outlet of flue gases from the diesel engine of the locomotive ТЭМ18ДМ in the process of conducting resistance tests. The possible beneficial use of this heat energy.

Key words: *utilization of the heat energy, diesel engine, rheostat tests.*

УДК 662.612.3

МОДЕЛЬ ГОРЕНИЯ ТОНКОДИСПЕРСНОГО ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА В ЦИКЛОННОМ ПРЕДТОПКЕ

Бойко Екатерина Евгеньевна

Новосибирский государственный технический университет (НГТУ).
К. Маркса пр-т, д. 20, г. Новосибирск, 630073, Российская Федерация.
Аспирант, ассистент кафедры «Тепловых электрических станций»
E-mail: e.boyko1991@yandex.ru

Францева Алина Алексеевна

Новосибирский государственный технический университет (НГТУ).
К. Маркса пр-т, д. 20, г. Новосибирск, 630073, Российская Федерация.
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Тепловых электрических станций»
E-mail: frantsevaalina@gmail.com

Щинников Павел Александрович

Новосибирский государственный технический университет (НГТУ).
К. Маркса пр-т, д. 20, г. Новосибирск, 630073, Российская Федерация.
Доктор технических наук, профессор кафедры «Тепловых электрических станций»
E-mail: tes.nstu@gmail.com

В статье представлена кинетическая модель горения тонкодисперсного водоугольного топлива в циклонном предтопке. Модель основана на конвективно-кондуктивном переносе теплоты, так как критерий $Bi < 0,5$ для таких процессов при одновременном значении критерия $Fo > 5$.

Ключевые слова: *термоподготовка, циклон, предтопок, водоугольное топливо,*

MODEL OF COMBUSTION OF FINE WATER-COAL FUEL IN A CYCLONE PRE-FURNACE

Bojko Ekatherina Evgenievna,

Novosibirsk State Technical University (NSTU).

20, K. Marx st., Novosibirsk, 630073, the Russian Federation.

postgraduate, assistant lecturer of «Heat and Power Plants» Department

E-mail: e.boyko1991@yandex.ru

Frantseva Alina Alekseevna

Novosibirsk State Technical University (NSTU).

20, K. Marx st., Novosibirsk, 630073, the Russian Federation.

Ph. D. in Technical science, associate professor of «Heat and Power Plants» Department

E-mail: frantsevaalina@gmail.com

Shchinnikov Pavel Aleksandrovich

Novosibirsk State Technical University (NSTU).

20, K. Marx st., Novosibirsk, 630073, the Russian Federation.

Ph. D. in Technical science, professor of «Heat and Power Plants» Department.

E-mail: tes.nstu@gmail.com

The article a kinetic model of the combustion of finely water-coal fuel in a cyclone pre-furnace is presents. The model is based on convective-conductive heat transfer, since the criterion $Bi < 0.5$ for such processes with the simultaneous value of the criterion $Fo > 5$.

Key words: *thermal preparation, cyclone, pre-furnace, water-coal fuel, mathematical model, combustion.*

УДК 621.311.2.002.5:621.182.2/6:004.415

ПРОГРАММНО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ РАБОТ ПО ПРИЕМКЕ И КОНТРОЛЮ ТОПЛИВА НА ОБЪЕКТАХ ЭНЕРГЕТИКИ

Крюков Денис Александрович

Национальный исследовательский Томский политехнический университет (НИ ТПУ).

Ленина пр., 30, г. Томск, 634034, Российская Федерация.

Магистрант научно-образовательного центра И.Н. Бутакова, НИ ТПУ.

E-mail: dan94bsk@mail.ru

Воронцова Елена Сергеевна

Национальный исследовательский Томский политехнический университет (НИ ТПУ).

Ленина пр., 30, г. Томск, 634034, Российская Федерация.

Ассистент научно-образовательного центра И.Н. Бутакова, НИ ТПУ.

E-mail: ves@tpu.ru

На крупных энергетических объектах, использующих котельное оборудование, перед сжиганием топлива ведется целый комплекс по его приемке, контролю качества и отгрузке на склады. Ввиду сложности как самого процесса, так и взаимодействия подразделений объекта, предлагается внедрение автоматизированного комплекса по ведению всех этапов работы, происходящих в нем. Данный комплекс предназначен для повышения оперативности персонала, сокращения времени на работу с документами, повышение уровня контроля и эффективности работы.

Ключевые слова: энергетика; топливо; входной контроль; информационные технологии; программный комплекс.

PROGRAM AND ANALYTICAL FORWARDING OF WORKS ABOUT ACCEPTANCE AND CONTROL OF FUEL ON POWER OBJECTS

Kryukov Denis Aleksandrovich

National Research Tomsk Polytechnic University (NR TPU).

30, Lenina st., Tomsk, 634034, the Russian Federation.

Master's degree student of the Butakov research center.

E-mail: dan94bsk@mail.ru

Vorontsova Elena Sergeevna

National Research Tomsk Polytechnic University (NR TPU).

30, Lenina st., Tomsk, 634034, the Russian Federation.

Assistant of the Butakov research center.

E-mail: ves@tpu.ru.

On the large power objects that use boiler facilities, before fuel burning there are complex of acceptance, control of quality and unloading on the coal storage. Implementation of automated complex is necessary in view of complexity as the process, as the cooperation of object's units. Complex will let the raise of staff's productivity, decline the time for work with any documents and the rise of the work efficiency.

Key words: power industry; fuel; acceptance test; software and computing; software suit.

УДК 621.311

ОСОБЕННОСТИ ЗАГРУЗКИ ОБОРУДОВАНИЯ ТЭЦ С УЧЕТОМ СПОСОБА РЕГУЛИРОВАНИЯ ОТПУСКА ТЕПЛОТЫ

Щинников Павел Александрович

Новосибирский государственный технический университет (НГТУ).

К. Маркса пр-т, д. 20, г. Новосибирск, 630073, Российская Федерация.

Доктор технических наук, профессор кафедры «Тепловых электрических станций», НГТУ.

E-mail: shchinnikov@corp.nstu.ru

Синельников Денис Сергеевич

Новосибирский государственный технический университет (НГТУ).
К. Маркса пр-т, д. 20, г. Новосибирск, 630073, Российская Федерация.
Магистрант кафедры «Тепловых электрических станций», НГТУ.
E-mail: sinelnikovden@hotmail.com

В статье рассматриваются вопросы влияния способа регулирования отпуска теплоты через зонирование температурного графика на наилучшие, с точки зрения расходов топлива, варианты загрузки теплофикационных энергоблоков ТЭЦ типа Т и ПТ.

Ключевые слова: *Отпуск теплоты, теплофикация, промышленный отбор пара, экономия, оптимизация*

CHP EQUIPMENT LOADING FEATURES TAKING INTO ACCOUNT THE HEAT RELEASE CONTROL METHOD

Shchinnikov Pavel Aleksandrovich

Novosibirsk State Technical University (NSTU).
20, Prospekt K. Marksa, Novosibirsk, 630073, the Russian Federation
Doctor of technical sciences, professor of « Thermal Power Stations », NSTU.
E-mail: shchinnikov@corp.nstu.ru

Синельников Денис Сергеевич

Novosibirsk State Technical University (NSTU).
20, Prospekt K. Marksa, Novosibirsk, 630073, the Russian Federation
Student of « Thermal Power Stations », NSTU.
E-mail: sinelnikovden@hotmail.com

The article deals with the influence issues of the method for regulating the heat release through zoning of the temperature graph for the best options for loading the district heating units from the point of fuel consumption view.

Key words: *Heat release, heating, industrial steam selection, savings, optimization*

УДК 621.311.22.002.5: 621.182.1.004

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ УСТАНОВОК ОБРАБОТКИ ВОДЫ ПО УСЛОВИЯМ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Воронцова Елена Сергеевна

Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ).
Ленина пр., 30, г. Томск, 634034, Российская Федерация.
Ассистент научно-образовательного центра И.Н. Бутакова, ТПУ.
E-mail: ves@tpu.ru.

Тайлашева Татьяна Сергеевна

Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ).

Ленина пр., 30, г. Томск, 634034, Российская Федерация.

Доцент научно-образовательного центра И.Н. Бутакова, ТПУ.

E-mail: taylasheva@tpu.ru

Выполнен анализ условий эксплуатации действующих установок обработки воды в диапазоне различных технологических показателей, на примере шести тепловых электростанции. Установлены критерии, позволяющие оценивать эффективность работы водоподготовительной установки на стадии проектной проработки и при эксплуатации.

Ключевые слова: *теплоэнергетика, подготовка воды, методы обработки воды, качество воды, эффективность, оценка.*

SYSTEMATIZATION OF WATER TREATMENT EQUIPMENT UNDER THE OPERATING CONDITIONS

Vorontsova Elena Sergeevna

National Research Tomsk Polytechnic University (TPU).

30, Lenina st., Tomsk, 634034, the Russian Federation.

Assistant of the Butakov research center, TPU.

E-mail: ves@tpu.ru

Taylasheva Tatyana Sergeyevna

National Research Tomsk Polytechnic University (TPU).

30, Lenina st., Tomsk, 634034, the Russian Federation.

Associate professor of the Butakov research center, NR TPU.

E-mail: taylasheva@tpu.ru

The analysis of operating conditions of the water treatment plants in the range of various technological parameters is made, for example, six thermal power plants. The criteria that allow to evaluate the efficiency of the water treatment plant at the design stage and during operation are established.

Key words: *heat power engineering; feedwater conditioning; water processing methods; water quality; efficiency; rate.*

УДК 697.7

БУДУЩЕЕ ТЕРМОЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ТЕРМОЯДЕРНЫЙ РЕАКТОР ITER(ИТЭР)

Заложный Никита Владичирович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Студент третьего курса, кафедры «Теплоэнергетика», ОмГУПС.

E-mail: niczz9797@gmail.com

Гаак Виктор Климентьевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Профессор кафедры «Теплоэнергетика», ОмГУПС.

E-mail: GAAKVK@Gmail.com

В статье рассмотрен процесс получения энергии с помощью термоядерного синтеза. Рассмотрен возводящийся экспериментальный термоядерный реактор ITER.

Ключевые слова: синтез, термоядерный синтез, термоядерная энергетика, ИТЭР.

THE FUTURE OF THERMONUCLEAR ENERGY INTERNATIONAL THERMONUCLEAR REACTOR ITER

Zalozhnyy Nikita Vladimirovich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

A student of "Heat and Power Engineering" faculty, OSTU.

E-mail: niczz9797@gmail.com

Gaak Viktor Klimentevich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

Profrrsor of the cathedra «Heat power engineering», OSTU.

E-mail: GAAKVK@gmail.com

The article deals with the process of obtaining energy using thermonuclear fusion. Studied construction Thermonuclear Experimental Reactor (ITER).

Key words: synthesis, thermonuclear fusion, thermonuclear energy, ITER.

УДК 62.123

СОВРЕМЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО ТЕПЛОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПО ПРИНЦИПУ КОНЕРАЦИИ

Трошина Наталья Сергеевна

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.

Аспирант, кафедры «Теплоэнергетика», ОмГУПС.

E-mail: natalya.troshina@yandex.ru

Проанализирован опыт исследований, разработок и реализации на объектах теплоснабжения. Представлена схема отдельного и комбинированного производства тепловой и электрической энергии. Приведены основные преимущества внедрения процесса когенерации. Проанализированы вредные суммарные выбросы от современных электростанций к уровню вредных выбросов когенерационными энергоустановками.

Ключевые слова: процесс когенерации, тепловая энергия, комбинированное производство энергии, энергоустановка, вредные выбросы.

MODERN MANUFACTURE OF HEAT AND ELECTRIC ENERGY UNDER THE PRINCIPLE OF THE CONFERENCE

Troshina Natalia Sergeevna

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx st., Omsk, 644046, the Russian Federation.

Postgraduate, the department of «Heat power engineering», OSTU.

E-mail: tartachevsasha@gmail.com

The experience of research, development and implementation at heat supply facilities has been analyzed. The scheme of separate and combined production of thermal and electric energy is presented. The main advantages of introducing the cogeneration process are given. The harmful total emissions from modern power plants to the level of harmful emissions from cogeneration power plants have been analyzed.

Key words: process of cogeneration, thermal energy, combined energy production, power plant, harmful emissions.

УДК 62.69

ЦЕЛЕВЫЕ БЛОКИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕТЕЙ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ «УМНОГО ДОМА» В ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Корнилов Денис Анатольевич

Иркутский национальный исследовательский технический университет (ИРНИТУ).

Лермонтова ул., 83, г. Иркутск, 664074, Российская Федерация.

Магистрант гр. ТВМ-17, ИРНИТУ.

E-mail: universitete@rambler.ru

Поспелова Мария Ярославовна

Иркутский национальный исследовательский технический университет (ИРНИТУ).

Лермонтова ул., 83, г. Иркутск, 664074, Российская Федерация.

Ст. преподаватель кафедры инженерных коммуникаций и систем жизнеобеспечения

E-mail: pospelova@istu.edu

Рассмотрены варианты создания и регулировки отдельных независимых блоков для поддержания стабильной работы систем теплоснабжения в «Умных домах», которые дают возможность выравнивания местной отопительной нагрузки и способствуют безотказности работы.

Ключевые слова: *системы теплоснабжения, альтернативная энергия, «Умный дом».*

TARGET BLOCKS FOR ENERGY EFFICIENCY OF INTELLECTUAL HEAT SUPPLY NETWORKS "SMART HOUSE" IN THE IRKUTSK REGION

Kornilov Denis Anatolievich

Irkutsk National Research Technical University (INRTU).

83, Lermontov street, Irkutsk, 664074, the Russian Federation.

Master's student of «Heating and Ventilation», INRTU.

E-mail: universitete@rambler.ru

Pospelova Mariia Yaroslavovna

Irkutsk National Research Technical University (INRTU).

83, Lermontov street, Irkutsk, 664074, the Russian Federation.

Senior teacher of Department of Engineering Services and Life-Support Systems, INRTU.

E-mail: pospelova@istu.edu

Variants of setting for individual independent blocks to maintain the stable operation of heat supply in systems "Smart Houses" are considered. It gives an opportunity for load balancing of heating and reliability.

Key words: *heat supply systems, alternative energy, "Smart House".*

Научное издание

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ И
СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Материалы второй всероссийской научно-технической конференции
с международным участием

Ответственный за выпуск А. П. Стариков

* * *

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 25.05.2018. Формат $60 \times 84 \frac{1}{16}$.
Плоская печать. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 15,4. Уч.-изд. л. 17,2.
Тираж 300 экз. Заказ .

* *

Типография ОмГУПСа

*

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.