

Секция 8. ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

*Председатель секции
зав. кафедрой «Промышленная теплоэнергетика»
д.т.н., проф. В.П. Созинов
Секретарь секции к.т.н., проф. В.М. Захаров*

Л.Н. Айталиева, доц. (АГТУ, г. Астрахань)

НЕКОТОРЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ В АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Тема энергосбережения не первый год привлекает к себе внимание российских законодателей, производителей и потребителей энергоресурсов. В конце 2009 года был принят Закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности...» [1]. Он касается и государственного, и муниципального, и частного секторов. Закон предусматривает необходимость утверждения региональных и муниципальных программ в сфере энергосбережения и повышения энергетической эффективности использования энергоресурсов, а также новые подходы к ценообразованию.

Во исполнение Закона № 261-ФЗ в Астраханской области (АО) принята комплексная целевая программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в АО на 2010-2014 годы и перспективу (устойчивого) стабильного энергообеспечения региона, с учетом до 2020 года [2]. К основным задачам развития электроэнергетики региона сформулированным в «Программе развития электроэнергетики Астраханской области на 2011-2015 годы» относятся: достижение надежной динамики развития экономики АО, а также повышение уровня надежности электроснабжения потребителей и качества электрической энергии. Особенно остро стоит вопрос и об энергосбережении и энергоэффективности топливно-энергетического комплекса (ТЭК).

Одним из предприятий региона является Филиал ОАО «МРСК Юга – Астраханьэнерго». Филиал входит в состав ОАО «Межрегиональной распределительной сетевой компании Юга», к функциям которой относится передача (транспорт) электрической энергии по линиям элек-

тропередач от источника электрической энергии до конечного потребителя. Ключевым показателем эффективности производства сетевых организаций является технологический расход электроэнергии на ее транспорт, т.е. потери электроэнергии при передаче по сетям.

С целью снижения потерь электроэнергии в сетях, снижения расхода электрической энергии и тепловой энергии на собственные и хозяйственные нужды была принята Программа энергосбережения и повышения энергетической эффективности на 2011 год и на период до 2015 года ОАО «МРСК Юга – Астраханьэнерго» [3]. Для ее реализации в Филиале ОАО «МРСК Юга – Астраханьэнерго» проведен энергоаудит объектов электросетевого хозяйства. Его задачи – получить объективные данные об объеме используемых ресурсов и определить экономические показатели энергоэффективности объектов. Результатом стало не только получение энергетического паспорта, утвержденного Минэнерго РФ, но и выполнение мероприятий по энергосбережению для каждого структурного подразделения с расчетом стоимости реализации и сроков окупаемости за счет ожидаемой экономии энергоресурсов. По предварительным оценкам экспертов, «Астраханьэнерго» ежегодно сможет экономить до 12-15% от ныне используемых ресурсов на собственные нужды. Эффект от мероприятий, реализованных Филиалом ОАО «МРСК Юга – Астраханьэнерго» в 2012 году в рамках программы энергосбережения, составил свыше 5 млн кВт·ч. Прогноз отпуска и потерь электроэнергии до 2015 г. приведен в таблице 1. Полученная экономия сравнима с годовым электропотреблением крупного населенного пункта.

Сэкономленные средства Филиал «Астраханьэнерго» планирует в 2013 году направить на развитие сетевой инфраструктуры региона, что позволит повысить качество и надежность электроснабжения, создать дополнительные мощности для подключения новых потребителей.

Таблица 1. Фактические и прогнозируемые величины отпуска электроэнергии и ее потерь при передаче потребителям

Показатели	Ед. изм.	Факт по годам				Прогноз по годам				
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Отпуск электроэнергии в сеть фактический	млн.кВт.ч	3615,95	3702,84	3591,19	3800,06	3871,50	4008,04	4168,36	3721,52	3908,71
бизнес-план	млн.кВт.ч	3626,90	2907,40	3795,40	3696,20	3871,50	4008,04	4168,36	3721,52	3908,71
Потери электроэнергии фактические	млн.кВт.ч	374,816	673,917	628,458	690,63	690,63	690,63	690,63	690,63	690,63
	%	10,37	18,20	17,50	18,17	17,84	17,23	16,57	18,56	17,67
бизнес-план	млн.кВт.ч	393,1	448,2	662,43	646,92 5	650,23 5	641,28 6	650,26 4	662,43 4	691,84 2
	%	10,84	15,42	17,45	17,50	16,80	16,00	15,60	17,80	17,70

Организационно-технические мероприятия, реализованные в 2012 году и направленные на экономию и рациональное использование энергоресурсов, включали такие мероприятия, как:

1. Установка шкафов учета на фасадах зданий, индивидуальных жилых домов, в первую очередь там, где фиксируются наибольшие потери при передаче электроэнергии. С начала 2012 года установлено более 860 таких устройств. Одновременно велась работа по включению приборов учета потребителей в автоматизированную систему коммерческого учета электроэнергии розничного рынка электроэнергии. В Филиале ОАО «МРСК Юга – Астраханьэнерго» с 2011 по 2012 годы интеллектуальными (высокотехнологическими) электросчетчиками оснащены более 4900 точек в бытовом секторе, 520 точек в промышленном и мелкомоторном секторах, 713 точек на высоковольтных подстанциях. Все приборы связаны в единую цепь передачи информации. В настоящее время программа охватывает семь районов АО и позволяет большому числу потребителей за счет «Астраханьэнерго» произвести замену обычных счетчиков на высокотехнологичные («ин-

теллектуальные») приборы. В счетчиках имеется возможность автоматически либо удаленно (по заданию оператора) выборочно производить отключения объектов. Это позволяет отключать от электросетей неплательщиков, не оставляя без электричества тех, кто исправно оплачивает счета за электроэнергию.

2. Модернизация объектов регионального электросетевого комплекса. Реконструкция сетей 0,4 кВ в «Астраханьэнерго» осуществляется только с применением самонесущего изолированного провода. В течение 2012 года на перегруженных линиях электропередачи специалисты филиала заменили несколько десятков км провода на провод большего сечения. В ходе реализации программы в 2012 года заменены несколько перегруженных трансформаторов. Одновременно производится замена неизолированных проводов, идущих от магистралей воздушной линии электропередачи к объектам потребителей, что также повышает надежность энергосистемы.

3. Проведение рейдов для выявления фактов неучтенного потребления электроэнергии. За 2012 год проведено 649 рейдов, выявлено безучетное потребление электроэнергии около 5,3 млн кВт·ч электроэнергии. Свыше сотни недобросовестных потребителей привлечены к уголовной и административной ответственности.

Одна из неотъемлемых составляющих энергосбережения в деятельности «Астраханьэнерго» – снижение потребления электроэнергии на собственные нужды подстанций. Для этого оптимизируется работа систем обогрева приводов коммутационной аппаратуры силового оборудования, отопления и вентиляции зданий подстанций. Также осуществляются мероприятия по теплоизоляции зданий и сооружений, замене энергоемких светильников на энергоэффективные.

Филиал ОАО «МРСК Юга – Астраханьэнерго» реализует программу консолидации электросетевых активов с 2008 г. Значительную часть приобретенных объектов составляют ветхие сети, износ которых в отдельных случаях превышает 75%. Такое оборудование подлежит срочной реконструкции.

Одно из приоритетных направлений в реализации проекта энергоэффективности на 2013 год – установка современных общедомовых приборов учета электроэнергии. Но пока собственники многоквартирного жилья в Астрахани слабо понимают меру ответственности, возложенную на них федеральным законодательством.

Совместные действия энергетиков и бизнес-сообщества, поддерживаемые местными органами власти, некоммерческим партнерством в сфере жилищного общественного самоуправления, начнутся с информационного просвещения председателей товариществ собственников

жилья, управляющих компаний и других общественных организаций, об оснащении общедомовыми приборами учета электроэнергии. Пилотный проект, реализуемый энергетиками в нескольких микрорайонах Астрахани, охватил более 90 многоэтажных построек, где установлены общедомовые приборы учета. В 2013 году совместно с реализацией проектов по реконструкции сетей города Астрахани планируется проведение реконструкция сетей 0,4 киловольт и внедрение автоматизированной системы учета электроэнергии бытового потребителя.

Реализация всех мероприятий, предусмотренных в Программе энергосбережения и повышения энергетической эффективности на 2011 год и на период до 2015 года Филиала ОАО «МРСК Юга – Астраханьэнерго», позволит к 2015 году получить экономический эффект 224,24 млн.

Библиографический список

1. Федеральный Закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности».
2. Постановление правительства РФ от 31 декабря 2009 г. N 1225 «О требованиях к региональным и муниципальным программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности».
3. Программа энергосбережения и повышения энергетической эффективности на 2011 год и на период до 2015 года ОАО «МРСК Юга – Астраханьэнерго».

Э.А. Ардаширова, О.В. Четверткова, студ.; рук. Р.Г. Ризванов д.т.н., проф. (УГНТУ, г. Уфа)

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ТЕПЛОВУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОЖУХОТРУБЧАТОГО ТЕПЛООБМЕННИКА

Кожухотрубчатые теплообменники относятся к наиболее распространенным аппаратам нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств. Это обусловлено прежде всего надежностью конструкции, большим набором вариантов исполнения для различных условий эксплуатации. Их применяют для теплообмена и термохимических процессов между различными жидкостями, парами и газами – как без изменения, так и с изменением их агрегатного состояния.

Характер течения в межтрубном пространстве кожухотрубчатых теплообменников с поперечными перегородками чрезвычайно сложен, зависит от множества параметров. Конструктивные зазоры между кожухом и поперечными перегородками, а также между трубами и отверстиями в перегородках являются причиной возникновения перете-

чек – байпасных потоков, доля которых может достигать 40% [1]. Величина конструктивных зазоров определяется технологией сборки. Для получения малых зазоров необходимо повышать точность периметра и формы корпуса, что оказывает существенное влияние на стоимость изготовления аппарата.

Наиболее точным методом исследования процессов гидродинамики и теплообмена в настоящее время является метод вычислительной гидродинамики, реализованный в программных системах конечно-элементного анализа. Преимуществами вычислительной гидродинамики является точность, полнота полученных данных и высокая скорость расчета.

В настоящей работе приведены результаты моделирования теплообмена в кожухотрубчатом теплообменном аппарате (КТА) с применением программного комплекса ANSYS CFX.

Первоначально было рассмотрено влияние конструктивных зазоров на характер теплообмена в межтрубном пространстве. Для расчетов была построена серия моделей кожухотрубчатого теплообменного аппарата диаметром 400 мм с различной величиной радиальных зазоров ΔR между трубными решетками и кожухом [2]: 0; 1; 2; 3 и 4 мм и двумя зазорами Δr между трубами и отверстиями в перегородках 0 и 0,5 мм (рисунок 1).

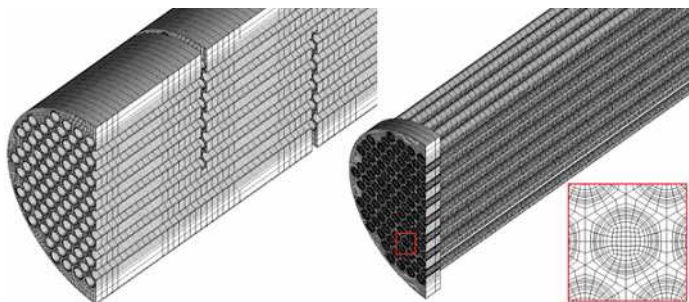


Рис.1. Расчетная модель

В качестве горячего и холодного теплоносителя использовалась вода, материал теплообменных труб – сталь.

Температура жидкости на входе в межтрубное пространство составляла 50°C, скорость 1 м/с. Температура жидкости на входе в трубное пространство 135°C, скорость 1 м/с. Массовый расход воды в трубном и межтрубном пространстве был одинаковым и составил 10,53 кг/с.

На следующих рисунках показаны характерные поля температур в трубном (рисунок 2) и межтрубном пространствах (рисунок 3). На рисунке 3 видно, что по ходу движения потока за поперечными перегородками образуются застойные зоны.

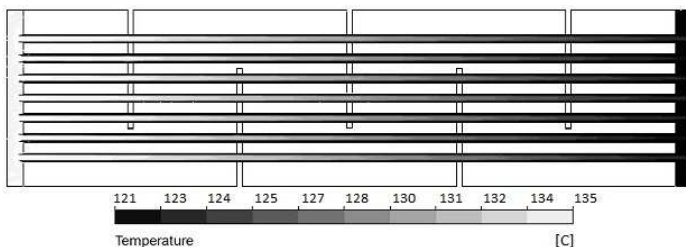


Рис.2. Поле температуры в трубном пространстве (вход слева)

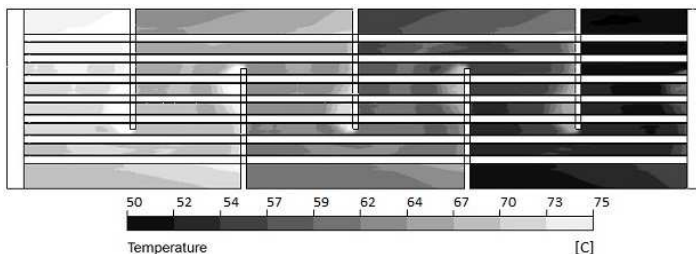


Рис. 3. Поле температуры в межтрубном пространстве (вход справа)

На рисунке 4 показан график изменения долей потоков в зависимости от величины зазоров между поперечными перегородками и кожухом ДР и между трубами и отверстиями в перегородках Дг.

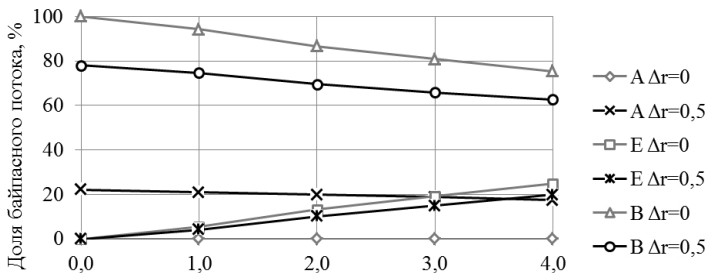


Рис. 4. График изменения долей потоков

На рисунке 5 показаны графики изменения коэффициента теплопередачи в зависимости от величины зазоров.

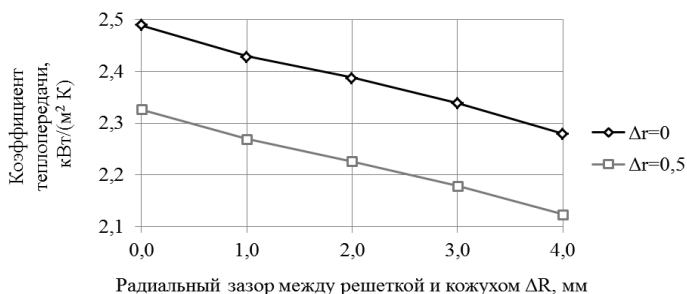


Рис. 5. График изменения коэффициента теплопередачи

Для кожухотрубчатого теплообменного аппарата диаметром 400 мм, имеющего максимально допустимый радиальный зазор ΔR и зазор Δr , суммарная доля байпасных потоков составила около 37%. Коэффициент теплопередачи уменьшился на 17%. Следовательно, конструктивные зазоры существенно снижают тепловую эффективность.

Далее было рассмотрено влияние расстояния между перегородками на тепловую эффективность кожухотрубчатого теплообменника. Поперечные перегородки в теплообменном аппарате используются для организации поперечного (перекрестного) тока теплоносителя в межтрубном пространстве, увеличения скорости теплоносителя. Также они выполняют роль опор трубного пучка, сохраняя одинаковое расстояние между трубами и уменьшая их вибрацию.

При расчетах нами были рассмотрены значения расстояний между перегородками в диапазоне от 100 до 400 мм.

На рисунке 6 показан график изменения температуры воды на выходе из межтрубного пространства в зависимости от расстояния между перегородками L_p . Графики показывают, что с увеличением расстояния между перегородками температура воды на выходе убывает с 82 до 70 °С. Зависимость потерь давления от расстояния между перегородками имеет нелинейный характер (рисунок 7). При расстояниях меньше 200 мм наблюдается существенный рост потерь давления Δp до 135 кПа против 6 кПа при расстоянии 400 мм.

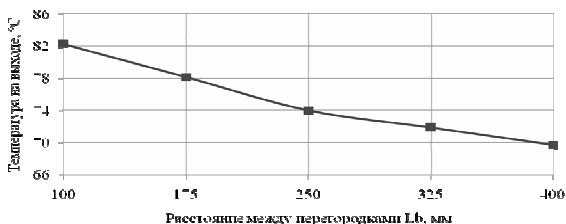


Рис. 6. Зависимость температуры от шага между перегородками

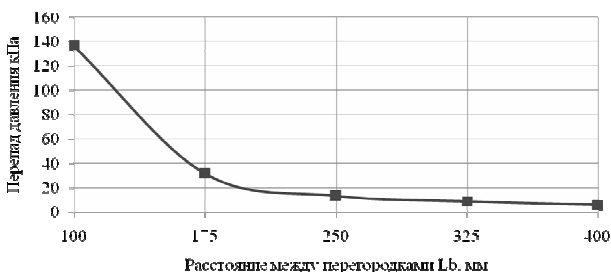


Рис. 7. Зависимость перепада давления от шага между перегородками

Уменьшение расстояния между перегородками позволяет повысить эффективность теплообмена, но при этом существенно увеличивается перепад давления. При увеличении расстояния между перегородками перепад давления изменяется не существенно, а эффективность теплопередачи снижается.

Библиографический список

1. Справочник по теплообменникам: В 2-х т. Т. 2/ Пер. с англ. под ред. О.Г. Мартыненко и др. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 352 с.: ил.
2. Никифоров, А.Д. Точность в химическом аппаратостроении. – М.: «Машиностроение», 1969 г. – 216 с.

*Е.С. Быстрицкая, асп.; рук. Т.А. Степанова, к.т.н., проф.
(НИУ МЭИ, г. Москва)*

ВОЗМОЖНОСТИ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ МАЛОУХОДНОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Целью работы было исследование возможности безотходной утилизации твердых бытовых отходов (ТБО), оценка возможности получения конкурентного вторичного топлива на базе мероприятий интен-

сивного энергосбережения и разработка эффективной схемы переработки твердых отходов с получением товарного продукта.

Рассматриваемая схема совместной переработки отходов включает в себя три основных блока. Блок термического обезвреживания ТБО, блок энергохимической аккумуляции отходящих газов (ЭХА) и блок утилизации строительных отходов совместно со шлаком ТБО. В результате высокотемпературного процесса термического обезвреживания ТБО может образовываться огненножидкий шлак, представляющий интерес в качестве сырья для производства стройматериалов. Наиболее приемлемым способом переработки шлаков является его использование в производстве каменного литья. Образующиеся в процессе термического обезвреживания ТБО отходящие газы предлагается направить на энергохимическую аккумуляцию (ЭХА) для получения вторичного топлива, которое может быть использовано, при условии получения качественного вторичного топлива, в процессе получения стройматериалов. Таким образом, создается малоотходный комплекс по переработке различных видов отходов с одновременным получением товарного продукта.

Для реализации малоотходной системы производства высокотемпературные отходящие газа из печи для сжигания твердых бытовых отходов направляются на энергохимическую аккумуляцию. Условия проведения процесса и состав отходящих газов напрямую влияют на характеристики получаемого вторичного топлива.

Влияние температуры поступающих на ЭХА газов на жаропроизводительность и теплоту сгорания топлива показано на рисунках 1 и 2.

Из данных зависимостей видно, что увеличение температуры отходящих газов, поступающих на ЭХА, ведет к увеличению жаропроизводительности и теплоты сгорания вторичного топлива. Также по данным зависимостям видно, что увеличение содержания кислорода в дутье ведет к увеличению жаропроизводительности и теплоты сгорания вторичного топлива, но чем выше это содержание, тем меньший прирост имеют данные характеристики.

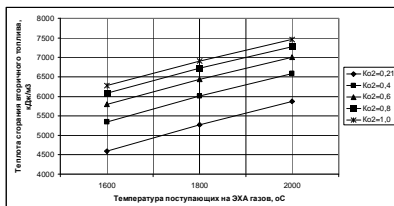


Рис. 1. Влияние температуры поступающих на ЭХА газов на жаропродуктивность вторичного топлива ($\beta=0,6$)

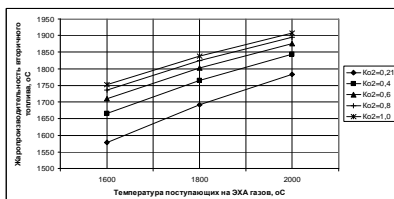


Рис. 2. Влияние температуры поступающих на ЭХА газов на теплоту сгорания вторичного топлива ($\beta=0,6$)

На рисунке 3 показано влияние степени обогащения дутья кислородом на выход вторичного топлива и расход метана на проведение процесса ЭХА. На рисунке 4 показана зависимость жаропродуктивности вторичного топлива от коэффициента расхода окислителя.

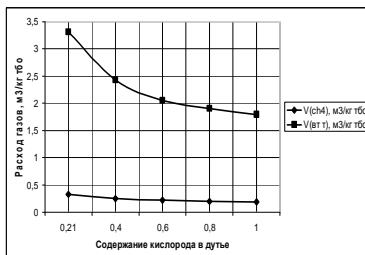


Рис. 3. Влияние дутья на выход вторичного топлива и расход метана на проведение процесса ЭХА

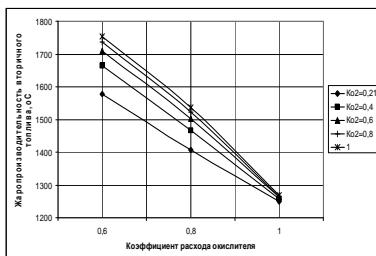


Рис. 4. Влияние коэффициента расхода окислителя на жаропродуцительность вторичного топлива

Процесс сжигания ТБО, как правило, проводят при $b \geq 1$, но из данной графической зависимости можно сделать вывод, что чем меньше коэффициент расхода окислителя, тем лучше условия для процесса ЭХА. Таким образом, условия проведения процесса сжигания ТБО непосредственно влияют на качество вторичного топлива.

Для получения конкурентного вторичного топлива путем энергохимической аккумуляции (ЭХА) отходящих газов желательно иметь температуру отходящих газов более 1600°C . Рассмотрена возможность получения данных температур в печи для сжигания твердых бытовых отходов. Получить данные температуры можно с помощью изменения таких факторов как обогащение дутья кислородом и подогрев окислителя (воздушной его части), а так же использование подсушенных ТБО, что ведет к увеличению температуры отходящих газов.

В таблице 1 показано влияние различных факторов на температуру отходящих газов и на жаропродуцительность вторичного топлива для ТБО с исходной влажностью 34%.

Из таблицы 1 видно, что для получения вторичного топлива с жаропродуцительностью более 1700°C необходимо использование не только подогрева окислителя, но и использование дутья, обогащенного кислородом, что является нецелесообразным с экономической точки зрения. В таблице 2 рассмотрены варианты с применением ТБО более низкой влажности, чем у исходных отходов. Использование подсушенных ТБО приведет к увеличению температуры отходящих газов.

Таблица 1. Зависимость температуры отходящих газов процесса горения ТБО ($W_p=34\%$) и жаропродуктивности полученного вторичного топлива от температуры подогрева окислителя, коэффициента расхода окислителя и степени обогащения дутья кислородом.

K_{O_2}	α	$t_{\text{б}},$ $^{\circ}\text{C}$	25	200	400	600	800
0,21	1	$t_{\text{ор}}/$ $t_{\text{ж}},$ $^{\circ}\text{C}$	1459/-	1543/1187	1639/1291	1740/1384	1845/1465
	0,8		1182/-	1259/-	1348/-	1442/-	1540/1358
	0,6		850/-	920/-	1002/-	1089/-	1126/-
0,3	1		1767/1384	1839/1467	1909/1517	1979/1563	2051/1606
	0,8		1411/-	1476/-	1541/-	1606/1450	1670/1499
	0,6		942/-	1001/-	1061/-	1121/-	1180/-
0,4	1		2019/1591	2067/1618	2118/1646	2171/1673	2224/1699
	0,8		1583/1458	1620/1487	1665/1521	1719/1558	1778/1595
	0,6		1039/-	1075/-	1120/-	1168/-	1216/-
0,5	1		2210/1695	2242/1710	2284/1729	2319/1744	2367/1764
	0,8		1712/1571	1744/1591	1782/1614	1814/1633	1856/1656
0,6	1		2364/1764	2385/1773	2411/1783	2440/1794	2472/1806
	0,8		1817/1647	1838/1657	1866/1668	1893/1679	1913/1689
0,7	1		2490/1815	2500/1820	2513/1827	2531/1832	2556/1838
	0,8		1897/1699	1911/1707	1929/1715	1947/1724	1965/1732
0,8	1		2579/1847	2592/1852	2601/1857	2611/1860	2628/1862
	0,8		1963/1738	1975/1742	1986/1745	1995/1748	2004/1751
0,9	1		2661/1874	2670/1876	2676/1878	2681/1880	2688/1882
	0,8	2018/1768	2021/1770	2024/1771	2027/1772	2030/1773	
1,0	1	2718/1892	-	-	-	-	
	0,8	2063/1791	-	-	-	-	
$t_{\text{ор}}/-$		Вторичное топливо с низкой тж, не рассматривалось					
		Вторичное топливо с тж<1500					
		Вторичное топливо с тж>1500 (Доменный газ)					
		Вторичное топливо с тж>1670					

Таким образом, из данных таблицы 2 видно, что при использовании ТБО с влажностью 4% возможно получение вторичного топлива, конкурирующего с низкокалорийными газовыми топливами, при использовании в качестве окислителя подогретого воздуха. Наиболее эффективное использование данного вторичного топлива может быть организовано в рамках рассматриваемого предприятия, а именно для производства стройматериалов (каменного литья) на базе шлаков ТБО.

При использовании варианта с получением вторичного топлива в результате энергохимической аккумуляции отходящих газов процесса горения ТБО, получается достаточное количество низкосортного вторичного топлива, из которого только менее 10% используется в данной схеме. Существенным недостатком полученного вторичного топлива является наличие вредных примесей, поэтому использование такого топлива бытовыми потребителями затруднено, да и промышленным

будут необходимы системы очистки либо непосредственно газа, либо продуктов его горения.

Таблица 2. Зависимость температуры отходящих газов процесса горения ТБО (для ТБО различной влажности) и жаропроизводительности полученного вторичного топлива от температуры подогрева окислителя, коэффициента расхода окислителя и степени обогащения дутья кислородом.

KO ₂	α	t _в , °C	25	200	400	600	800	
W ^p = 24%								
0,21	1	t _{ог} / t _ж , °C	1597/1243	1694/1340	1798/1435	1900/1508	2006/1573	
	0,8		1318/-	1416/-	1514/-	1611/1425	1706/1509	
	0,6		947/-	1036/-	1115/-	1201/-	1294/-	
0,3	1		1962/1550	2033/1595	2108/1635	2193/1677	2274/1717	
	0,8		1591/1445	1661/1493	1734/1539	1806/1587	1883/1637	
	0,6		1114/-	1182/-	1240/-	1301/-	1371/-	
0,4	1		2270/1706	2322/1735	2381/1764	2442/1791	2503/1820	
	0,8		1815/1633	1877/1661	1928/1688	1979/1715	2030/1742	
	0,6		1243/-	1292/-	1341/-	1390/-	1431/-	
W ^p = 4%								
0,21	1	t _{ог} / t _ж , °C	1823/1446	1932/1526	2043/1603	2155/1667	2271/1709	
	0,8		1544/1387	1654/1462	1759/1539	1870/1611	1971/1675	
	0,6		1171/-	1272/-	1370/-	1471/-	1560/-	
0,3	1		2296/1724	2387/1761	2476/1798	2565/1829	2655	
	0,8		1908/1681	1965/1700	2007/1723	2063/1748	2106/1771	
	0,6		1424/-	1487/-	1545/-	1596/1722	1646/1752	
			Вторичное топливо с тж<1500					
			Вторичное топливо с тж>1500 (Доменный газ)					
			Вторичное топливо с тж>1670					

Таким образом, лучшим вариантом использования продуктов горения твердых бытовых отходов, обладающих физической теплотой, является традиционный способ, а именно в котле-утилизаторе с последующим производством электроэнергии, либо получение вторичного топлива, но при условии сжигания не только твердых бытовых, но и других видов отходов. Такое использование продуктов горения совместно со шлаком ТБО, для производства стройматериалов, дает возможность осуществления малоотходной системы переработки ТБО.

Библиографический список

1. Картавец С.В. Природный газ в восстановительной плавке. СВС и ЭХА: Монография.- Магнитогорск, МГТУ, 2000. 188 с.

*А.С. Васенина, аспирант, рук. Н.В. Коровин д.х.н, проф.
(НИУ МЭИ, г. Москва)*

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ НА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭНЕРГИИ

На сегодняшний день проблемы энергосбережения и повышения энергоэффективности являются наиболее актуальными в мировой энергетике. Экономика в России остаётся одной из самых энергоёмких экономик в мире, что не только увеличивает нагрузку на окружающую среду, но и делает производство значительно более дорогим. При этом внедрение более технологичных производств сегодня является основным условием для повышения эффективности российской промышленности, его инновационности и модернизации. Именно поэтому основные проблемы энергосбережения в современной России выходят на передний план научных разработок и политических инициатив [1].

В настоящее время более половины российской территории, прежде всего удаленные районы Крайнего Севера, Дальнего Востока и Восточной Сибири, где живет около 20 процентов населения страны, не имеет централизованного электро- и теплоснабжения. Кроме того, остается неэлектрифицированной значительная доля фермерских хозяйств, садоводческих участков, леспромхозов, а также местных производств в Европейской части страны. Восполнить отсутствие централизованного энергоснабжения, в том числе в отдаленных или экономически неразвитых районах, могут автономные энергетические установки малой мощности, использующие как традиционные источники энергии (привозное топливо), так и нетрадиционные, возобновляемые источники [2].

Рассматривая две эти проблемы в совокупности, можно сделать вывод о том, что перспективы использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, а также проблемы энергосбережения охватывают все больше сфер жизнедеятельности человека во всем мире. Это происходит не только в рамках государственной модернизации экономики, но и в интересах предприятий страны и домохозяйств.

Цель работы состоит в разработке энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии, а также оценка эффективности использования таких систем для автономных потребителей.

В ходе выполнения работы была разработана комбинированная энергоустановка на возобновляемых источниках энергии с использо-

ванием литий-ионных аккумуляторов, как системы накопления энергии.

Данный проект представляет собой гибридную систему энергоснабжения. Энергетическая установка, состоящая из трех узлов, будет иметь общую систему управления и давать возможность автономной работы фермерского хозяйства, расположенного в Краснодарском крае.

В проекте наиболее целесообразно использование солнечной установки суммарной мощностью 78 КВт, биогазовой установки совместно с когенерационной станцией с выходом биогаза 3229 м³/ч, накопителя энергии на основе литий-ионного аккумулятора с литий-феррофосфатом в качестве катодного материала емкостью 35102 Ач, а также щита управления автоматикой.

Достоинствами предлагаемой энергоустановки являются использование энергии возобновляемых источников, экологическая безопасность (отсутствие шума и вредных выбросов), гарантированное производство энергии, долгий срок службы. После анализа полученных результатов можно судить о том, что с помощью комбинированных энергоустановок можно обеспечить гарантированное энергоснабжение и повысить энергоэффективность.

Библиографический список

1. **Практическое пособие по выбору и разработке энергосберегающих проектов/** под общей редакцией О.Л. Данилова М. – 2006.
2. **Владимир Сысоев, Александр Аккуратов.** Автономные системы энергообеспечения с промежуточным накоплением энергии// Энергетика и промышленность России. М. – 2009.

*С.Г. Гимаева, асп.; рук. Т.А. Степанова, к.т.н., проф.
(НИУ МЭИ, г. Москва)*

ОЦЕНКА ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРОЦЕССА СОВМЕСТНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ ТОВАРНЫХ ПРОДУКТОВ

Работа посвящена проблеме уничтожения крупномасштабных отходов. Представлена многофункциональная теплотехнологическая система по совместной переработки твердых бытовых отходов (далее - ТБО), изношенных автопокрышек и металлолома с получением трех товарных продуктов: чугуна, каменного литья и вторичного топлива (далее - МфТТС). Оценена энергоемкость вышеуказанного процесса.

Под энергоемкостью понимаются затраты топлива и других видов энергии (пересчитанных на топливо, необходимое для их получения) во всех переделах технологического процесса (с соответствующими расходными коэффициентами) в килограммах условного топлива на единицу продукции за вычетом тепловых, топливных, материальных и других вторичных ресурсов. [1]

Структурная схема переработки крупномасштабных отходов представлена на рис. 1.

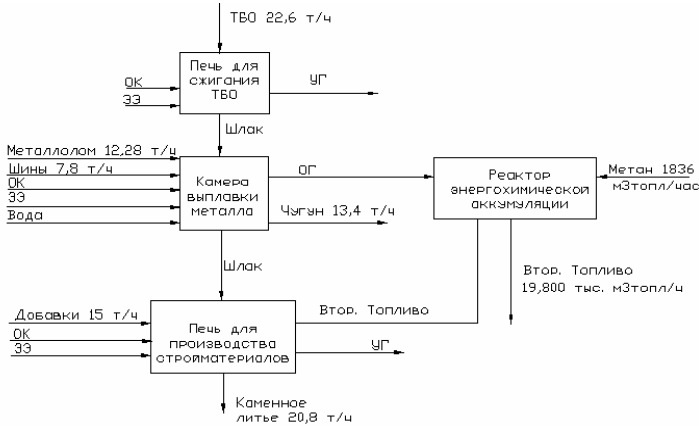


Рис. 1. Структурная схема многофункциональной теплотехнологической системы: ИМ – исходный материал, ТБО – твердые бытовые отходы, ОК – окислитель, ЭЭ – электрическая энергия, ОГ – отходящие газы, ТП – технологический продукт, УГ – уходящие газы, ПГ – природный газ, Втор. Топливо – вторичное топливо

Рассматриваемая МфТТС включает в себя четыре объекта: печь для сжигания ТБО, камера выплавки металла (далее – КВМ), печь для производства стройматериалов и реактор энергохимической аккумуляции (далее – ЭХА). При оценке энергоемкости рассматривается замкнутая теплотехнологическая система, т.е. учитываются только внешние потоки, внутренние же не будут влиять на значение энергоемкости.

На тепловой схеме (рис. 2) наглядно представлены материальные потоки, проходящие по зонам в каждом элементе системы: ПТО (зона предварительной тепловой обработки), ОТО (зона основной тепловой обработки), ТРО (зона технологически регламентированного охлаждения), Э(ПКГ)м (зона подогрева компонентов горения за счет теплоты охлаждения продукта (полупродукта), ТНРО (зона технологически нерегламентированного охлаждения в окружающей среде).

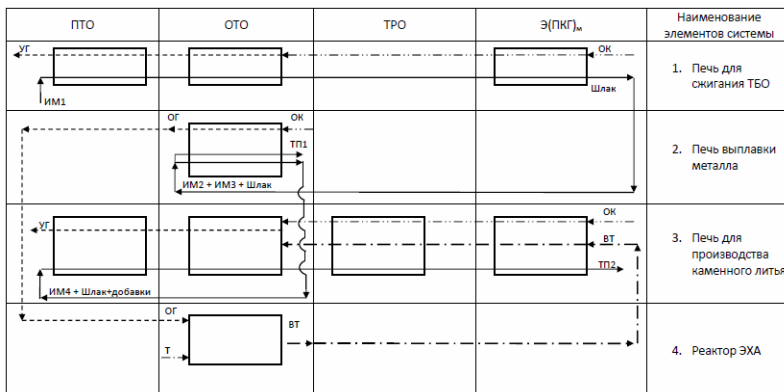


Рис. 2. Тепловая схема многофункциональной теплотехнологической системы: ОГ – отходящие газы, ИМ – исходный материал, ОК – окислитель, ТП – технологический продукт, УГ – уходящие газы, ВТ – вторичное топливо, Т – топливо

Карта энерго-материалопотребления (рис. 3) наглядно показывает все входящие и исходящие потоки в системе. На ней представлены удельные объемы всех топливных, энергетических, материальных ресурсов, которые поступают в каждую установку, а также выходят из нее. На данной карте так же указаны внутренние потоки, такие как отходящие газы из камеры выплавки металла ($V_{ог}^{КВМ}$), которые идут в реактор ЭХА и вторичное топливо из реактора ЭХА ($b_{втор}^В$), которое идет на подтопку печи для производства стройматериалов.

Исходные данные для расчета энергоемкости МФТТС – это основные параметры процессов в каждом элементе системы. Ниже будут приведены некоторые из расчетных характеристик.

В печи для сжигания ТБО исходным сырьем являются твердые бытовые отходы. Расчетное значение секундного расхода отходов $G_{тбо} = 6.28$ кг.тбо/с.

В камеру выплавки металла поступают несколько материальных потоков, влияющих на энергоемкость процесса: шины и металлолом. Расчетное значение расхода шин на науглероживание стали до чугуна и на горение $V_{шин_квм} = 2.18$ кг.шин/с. Полученный расход металлолома на процесс - $V_{лом_квм} = 3.41$ кг.лома/с.

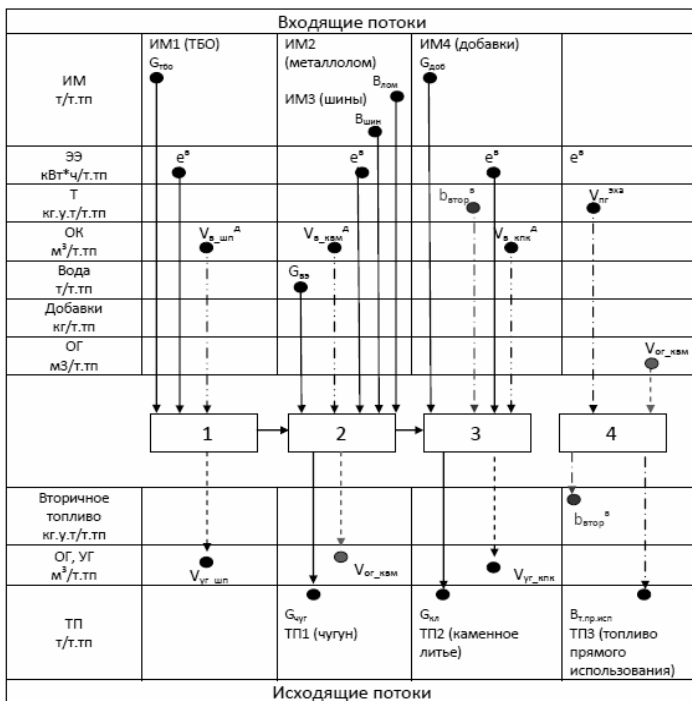


Рис. 3. Карта энерго-материалопотребления:

ИМ – исходный материал, ЭЭ – электрическая энергия, Т – топливо, ОК – окислитель, ОГ – отходящие газы, ТП – технологический продукт, УГ – уходящие газы, ТП – технологический продукт

Печь также имеет водоохлаждаемые элементы. При расчете энергоемкости системы также учтен расход воды на процесс.

Выход товарного продукта (чугуна) в КВМ равен $V_{\text{чуг, квл}} = 3.72$ кг.чуг/с.

В печи для производства стройматериалов используют добавки с секундным расход равным $G_{\text{доб, кпл}} = 4.205$ кг.доб/с. Расход вторичного топлива, поступающего из реактора ЭХА равен $V_{\text{вт}} = 2.121$ м³вт.т/с. Расчетное значение секундного выхода товарного продукта (каменное литье) $G_{\text{кл, кпл}} = 5.975$ кг.кл/с.

В схеме принято, что в реакторе энергохимической аккумуляции процесс протекает с участием природного газа. Получено значение расхода метана на процесс $V_{\text{пгэха}} = 0.00051$ м³пг/с. Дополнительно получатся топливо прямого использования объемом равным $V_{\text{т, пр. исп}} = 5.5$ м³вт.топл/с.

Процессы в каждом элементе протекают без предварительного подогрева воздуха, что также учтено при расчете конечного значения энергоемкости.

Одновременно в МфТТС расходуется электроэнергия на дутье, транспорт материала и т.д. Удельный расход электроэнергии в каждом элементе системы в первом приближении принимается одинаковым.

Каждый поток вносит свою долю в энергоемкость всей системы. Все удельные расходы материалов, топлива и окислителя приведены к условному топливу. Энергоемкость всей системы показывает какое количество условного топлива необходимо затратить на выпуск трех единиц продукции.

По результатам оценки получено, что энергоемкость системы с учетом выпуска трех товарных продуктов (чугуна 13.4 т/ч, каменного литья 20.8 т/ч и топлива прямого использования 20 тыс. м³/ч), но без использования уходящих газов из печи для сжигания ТБО ($V_{\text{уг}}^{\text{III}}$) и печи для производства каменного литья ($V_{\text{уг}}^{\text{KPK}}$) составляет 14 т.у.т/час.

Учитывая энергоемкости промышленных процессов производства каменного литья и чугуна, получено, что энергоемкость вышеуказанной системы (МфТТС) в 2 раза ниже.

Таким образом, разработанная система переработки крупномасштабных отходов с получением нескольких видов товарного продукта является эффективной.

Библиографический список

1. С.В. Картавец, Е.Г. Нешпоренко. Расчет энергоемкости металлургической продукции: Методические указания по дисциплинам «Энергоиспользование в энергетике и технологии», «Энергосбережение в энергетике и технологии» для студентов специальности 100700. Магнитогорск: МГТУ, 2003. 21с.

*Д.Ю. Дуброва., Р. К. Азеев, В.В. Владимиров;
рук Т. И. Королева к.э.н., проф.
(ПГУАС, г.Пенза)*

ПРИМЕНЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ В ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Энергия Солнца является источником жизни на нашей планете. Солнечная радиация – это электромагнитное излучение, сосредоточенное в основном в диапазоне волн длиной 0,28...3,0 мкм.

Солнце излучает огромное количество энергии – приблизительно 1,141020 кВтЧч в секунду. Киловатт час – это количество энергии, необходимое для работы лампочки накаливания мощностью 100 ватт в

течении 10 часов. Солнце обеспечивает нас в 10 000 раз большим количеством бесплатной энергии, чем фактически используется в мире.

Для типичного жилого дома или квартиры в Пензенской области нагрев воды – это второй по энергоемкости домашний процесс. Для ряда домов он даже является самым энергоемким. Использование энергии Солнца способно значительно снизить стоимость бытового нагрева воды. Коллектор предварительно подогревает воду, которая затем подается на традиционную колонку или бойлер, где вода нагревается до нужной температуры. Это приводит к значительной экономии средств, такую систему легко установить. Она почти не требует ухода. Даже в регионах с относительно небольшим количеством солнечной радиации, солнечная система может обеспечить 50-70% потребности в горячей воде. Больше получить невозможно, разве что с помощью сезонного регулирования.

На мировом рынке представлено большое количество фирм производящих гелиоустановки. В своей работе мы рассмотрели три солнечных коллектора различных производителей. Плоские коллекторы Logasol SKE2.0 немецкой фирмы Buderus, auroSTEP компании Vaillant и коллектор Inten разработанный представителями малого инновационного предприятия «ИНТЕН», созданного учеными Пензенской государственной технологической академии, на данный момент есть договоренность о серийном производстве с ОАО «Нижнеломовский электромеханический завод».

Рассмотрев возможность применения всех трех коллекторов относительно Пензенской области, мы выяснили что КПД немецких солнечных установок примерно одинаков, пензенский аналог проигрывает им на 15%. Но это может компенсировать цена, так как отечественный продукт на 14% дешевле своих зарубежных аналогов.

Коллектор Inten площадью 1,1 м² имеет размеры 1500x750x95 мм. Он состоит из алюминиевой рамы и закаленного стекла с уплотнением из EPDM. Поглотитель состоит из двух пластин из нержавеющей стали, соединенных методом контактной сварки и покрытых черным хромом. Испытания показали, что три коллектора способны нагреть 200 литров до температуры 55°C от 3 до 3,5 часов в летний период с апреля по октябрь. Цена новых солнечных коллекторов составляет примерно 19 тыс. рублей за штуку. Место установки: стационарное отделение центральной районной больницы с. Бессоновка.

В больнице с. Бессоновка горячая вода получается за счет нагрева холодной воды в двух электронагревательных установках (бойлерах), имеющих баки каждый объемом по 500л. Для регистрации потребления электроэнергии и воды на каждом бойлере установлены электро-

счетчик и счетчик расхода воды. Один из бойлеров работает в штатном режиме и вода в нем подогревается теплоэлектронагревателем (ТЭН), другой так же работает в штатном режиме, но нагрев воды в нем в настоящее время осуществляется комбинированным способом: ТЭНом и солнечной автоматизированной водонагревательной установкой (СВУ). Назначение СВУ обеспечить нагрев воды за счет энергии Солнца. Обеспечив при этом экономию электроэнергии.

Величина экономии электроэнергии определялась опытным путем в течении трех летних месяцев. Снижение ошибки измерений обеспечивалось:

- за счет создания одинаковых условий функционирования для обоих бойлеров;
- за счет использования одинаковых аттестованных приборов.

Показания счетчиков воды и электроэнергии за период 5.06-5.09.2012 гг указаны в таблице 1.

Таблица 1. Показания счетчиков

Дата	Показания по схеме с солнечным коллектором		Показания по схеме без солнечного коллектора	
	Вода, м ³ /ч	Эл.энерг, кВт/ч	Вода, м ³ /ч	Эл.энерг, кВт/ч
5.06.2012	1171	53866	301	18727
5.07.2012	1255	57718	322	20651
5.08.2012	1339	61582	368	22232
5.09.2012	11434	65997	392	24404

Средний удельный расход электроэнергии за 1 месяц:

- по схеме с солнечным коллектором:

$$\Theta_{\text{уд}} = 4043,7/87,7 = 46,1 \text{ кВт ч/м}^3$$

- по схеме без солнечного коллектора:

$$\Theta_{\text{уд}} = 1892,3/30,3 = 62,5 \text{ кВт ч/м}^3$$

Экономия электроэнергии по удельным расходам составит:

$$\Theta_{\text{уд}} = 62,5 - 46,1 = 16,4 \text{ кВт ч/м}^3$$

При расходе воды за август 2012г. Около 95 м³ экономия электроэнергии в натуральном выражении составила:

$$\Theta_{\text{к}} = 95 \cdot 16,4 = 1558 \text{ кВт ч}$$

При существующих тарифах на электроэнергию а г. Пенза экономия за август по стоимости составила:

$$\Theta_{\text{к}} = 1588 \cdot 3,8 = 5920,4 \text{ руб}$$

За 7 месяцев без отопительного периода экономия составит 41442,8 руб.

С использованием СВУ экономия существенная, даже в нашем регионе где количество солнечной радиации не так велико. Город Пенза ежегодно тратит на обеспечение ГВС муниципальных учреждений около 40896,5 тысяч рублей в год. И если установить солнечные коллекторы хотя бы на муниципальную собственность, то затраты на их содержания сократятся как минимум на 20%.

Библиографический список

- 1.А. И. Еремкин, Т.И. Королева «Отопление и вентиляция жилого здания» М.:издательство АСВ, 2010
- 2.Пояснительная записка к проекту решения Пензенской городской думы «О бюджете города Пензы на 2012г.»
- 3.Материалы с сайтов www.buderus.ru; www.vaillant.ru.

Т.А. Емельянова (к.т.н., мл. науч. сотр.); А.П. Денисова (д.т.н., проф.) (БИТТУ СГТУ им Гагарина Ю.А. Саратов)

ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОСЛОЙНОЙ КОНСТРУКЦИИ СТЕНЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

В настоящее время внутренняя политика государства направлена на возрождение и развитие села, модернизация которого должна проходить в соответствии с приоритетными направлениями, такими как энергосбережение, экономия и экология строительства, помощь молодым семьям и специалистам, переселенцам. Учитывая необходимость ресурсо – и энергосбережения наиболее перспективными типами зданий в сельской местности и пригородных районах являются одно– и двухэтажные здания различного назначения на основе эффективных легких конструкций и местных строительных материалов. При этом строительство таких зданий должно определяется следующими факторами: сокращением сроков строительства малоэтажных зданий; необходимостью снижения стоимости применяемых строительных материалов и стоимости 1 кв.м; улучшением эксплуатационных качеств здания, повышением огнестойкости, надежности и долговечности строительных конструкций с использованием местных материалов; применительно к жилым зданиям повышение современных требований теплозащитных свойств в наружных несущих конструкциях.

В современных условиях наиболее экономичными и энергоэффективными для массового строительства жилья на селе являются много-

слоистые конструкции стен. В основном в качестве теплоизоляционного материала используются волокнистые утеплители и пенополистирол. Достоинствами данных конструкций являются быстрота возведения здания и обеспечение требуемого сопротивления теплопередачи. Основным недостатком двух-, трехслойных наружных несущих стен с мягкими «эффективными» плитными утеплителями из жесткой базальтовой ваты и пенополистирола является несоответствие требованиям долговечности [137]. При этом гарантийный срок службы даже самых лучших отечественных и зарубежных мягких волокнистых эффективных утеплителей не превышает 15–25 лет, по истечении которых их эксплуатационные свойства ухудшаются. Начиная с 80-х годов двадцатого века для строительства стен малоэтажных зданий стали применять прессованные соломенные блоки. Проведенные авторами исследования показали необходимость более надежной защиты стен и ускорение сроков строительства из плотных соломенных блоков. Поэтому было предложено с обеих сторон плотных соломенных блоков выполнить слои из торкрет-бетона (рис. 1 б). На основе

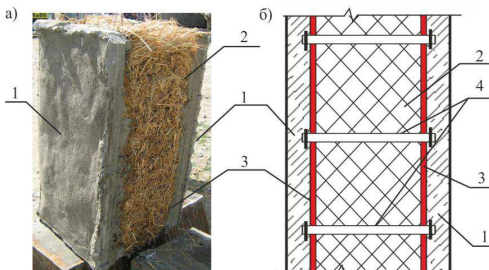


Рис. 1. Новая конструкция многослойной стены: а – экспериментальный образец; б – поперечный разрез МС: 1–армированный торкрет-бетон, 2 – органический утеплителя; 3 – контактный слой, 4 – связи

этого была разработана новая многослойная конструкция стены (МНС) [2]. Конструкция МНС симметрична относительно продольной оси и состоит из 5 слоев: утеплителя из органического материала (плотных соломенных блоков); двух контактных слоев и двух

несущих слоев из армированного торкрет-бетона, соединенного между собой связями (рис. 1 б; 2).

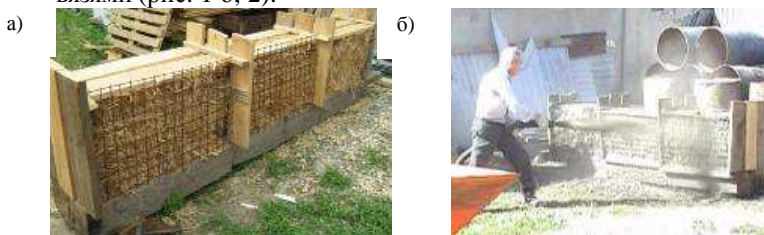


Рис. 2. Экспериментальное изготовление болшеразных образцов биопозитивной стены (МНС)

а – установка плотных соломенных блоков и арматурных сеток; б – торкретирование наружных несущих слоев

Использование в качестве несущих слоев армированного торкрет-бетона позволило авторам достигнуть следующих положительных результатов.

Во-первых, можно отказаться от деревянного каркаса, так как внешние слои из торкрет-бетона полностью обеспечивают прочность стен и малоэтажного дома в целом. Несущие конструкции зданий испытывают продольную и поперечную нагрузки. Основные цели испытаний включали оценку прочности, жесткости и трещиностойкости несущих железобетонных слоев и определение допускаемых предельных нагрузок на конструкции. Для испытаний были подготовлены образцы с различной толщиной несущего слоя 30 мм, 50 мм и 80 мм. При этом высота образца соответствовала высоте теплоизоляционного блока – 600 мм. Анализ результатов проведенных испытаний по прочности вертикальную нагрузку образцов с толщиной слоя 50 мм показал, что отношение контрольной нагрузки по прочности к расчетной нагрузке составило 10,8, что превышает нормируемый коэффициент безопасности $s = 1,6$ в 6,7 раз (ГОСТ 8829-94).

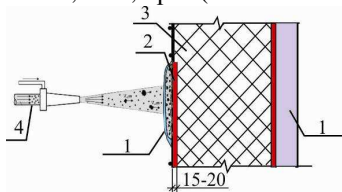


Рис. 3. Формирование контактного слоя.

1 – несущий слой; 2 – контактный слой; 3 – органический утеплитель; 4 – сопло торкрет-машины

Во-вторых, при торкретировании несущих слоев бетон проникает в органический утеплитель с образованием так называемых контактных слоев в виде соломобетона, толщиной 15-20 мм (рис. 3), характеризующихся свойствами, как утеплителя, так и несущего слоя из торкрет-бетона. Эти слои, как показали экспериментальные и теоретические исследования,

обеспечивают более плавное изменение жесткости слоев многослойной стены, а также несет функции слоя пароизоляции, как с внешней, так и внутренней сторон утеплителя. В стенах с конструкционным слоем из торкрет-бетона конденсация пара возможна на внутренней поверхности этого слоя и частично на поверхности контактного слоя, который выполняет функции пароизоляции и препятствует прониканию влаги в слой утеплителя. Необходимо отметить, что солома, как и древесина, имеет трубчатую структуру, пустотелые стебли которой могут выдерживать огромные перепады температур без нарушения влажностного режима.

В третьих, торкрет-бетон надежно защищает конструкцию стены от проникновения атмосферной влаги. Для предотвращения влияния подземных вод выполняется горизонтальная гидроизоляция с применением торкрет-бетона.

В-четвертых, торкрет-бетон способен выдержать 90 мин открытого огня [3]. На рис.4 представлены результаты испытаний огнестойкости образцов стены МНС, выполненных с различной толщиной несущего слоя торкрет-бетона. Испытания проведены с необходимым соблюдением требований и в присутствии соответствующих специалистов. Испытание продолжалось до наступления одного из всех предельных состояний, нормируемых для данной конструкции. Проведенные исследования огнестойкости с переменной толщиной торкрет-бетонных слоев указывают, что достаточной толщиной для строительства реальных конструкций принята толщина несущего слоя 50 мм с RE150/I45; по степени огнестойкости можно отнести II классу. Применение торкрет-бетона в несущих слоях позволило на 20% повысить пожаробезопасность.

В-пятых, конструкции, выполненные с использованием торкрет-бетона отличаются высокой долговечностью. Оценка долговечности многослойной стены из условия климатической активности Саратова с учетом марки торкрет-бетона по морозостойкости составила 45 лет, что соответствует III классу долговечности. По трещиностойкости несущих слоев ожидаемый срок службы многослойной стены составил 85 лет, что соответствует II классу долговечности [4].

В-шестых, использование в малоэтажных зданиях конструкции МНС приведет к сокращению теплопотерь через стены до 50%, общих теплопотерь здания за отопительный период до 9% и позволит снизить удельный расход тепловой энергии за отопительный период до 12%, что свидетельствует об энергоэффективности нового конструктивного решения [5].

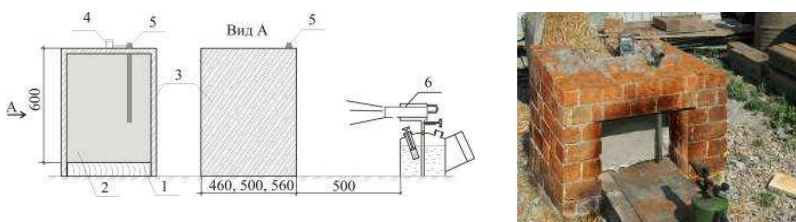


Рис. 4. Испытание МНС на огнестойкость

а – схема испытания на огнестойкость; б – проведение испытания:
1- платформенное основание; 2 -образец; 3-кирпичная стена; 4 - мультиметр; 5- термомпара; 6-паяльная лампа

Таким образом, разработанное конструктивное решение многослойной стены позволит строить быстровозводимые здания малой этажности различного назначения с использованием экологически чистых энергоэффективных материалов. В настоящее время в рамках конкурса «Стипендии президента РФ молодым ученым и аспирантам 2012-2014гг.» проводятся экспериментальные исследования по энергоэффективности и долговечности ограждающих конструкций стен малоэтажных зданий с применением разработанного конструктивного решения.

Библиографический список

1. Семченков А.С. Наукоемкие конструкции и конструктивные решения многоэтажных железобетонных зданий. М.: 2007.
2. Пат. № 98441. РФ. Многослойный строительный элемент / Т.А. Емельянова, А.П. Денисова // БИ. 2010. №29
3. Емельянова Т.А. Денисова А.П. Опыт применения торкрет-бетона // Мир подвижности и строительства. Гражданское строительство. № 39. 2011. С. 14 – 15.
4. Емельянова Т.А., Денисова А.П. Оценка долговечности новой многослойной конструкции стены малоэтажных зданий // Молодой ученый. № 12 (47). 2012. С. 61-64.
5. Емельянова Т.А. Оценка энергоэффективности новой многослойной конструкции стены для малоэтажных сельских зданий // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота, 2012. № 12 (67): в 2-х ч. Ч. 2. С. 31-33

*И. Г. Ершова, аспирант; рук. В. Н. Тимофеев, к.т.н., доц.
(ЧГСХА, г. Чебоксары)*

ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ УСТАНОВКА

Актуальность. В соответствии с законом «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности» № 261-ФЗ от 23.11.2009 г. и с учетом «Энергетической стратегии России на период до 2030 года» № 1715-р от 13.11.2009 в сельскохозяйственном производстве необходимо расширить применение энерго-, ресурсосберегающих технологий и оборудования. Одним из путей решения задач по энергосбережению предлагается использование возобновляемого источника энергии с применением теплового насоса, в котором регулирование подачи потока энергоносителя (тепло- или хладоносителя) играет важную роль. Поэтому разработка элементов энергоресурсосберегающей системы для поддержания микроклимата картофелехранилища, позволяющей снизить энергетические затраты при сохранении качества продукции, является актуальной научной задачей.

Целью настоящей работы является обоснование параметров и режимов работы энергоресурсосберегающей установки.

Основные научные задачи:

1. Обосновать схему управления потоком энергоносителя в преобразователе низкопотенциального источника энергии с использованием теплового насоса.

2. Разработать рациональные схемы энергоресурсосберегающих систем.

3. Выявить режимы работы энергоресурсосберегающей установки

Методика исследования. В теоретических исследованиях применены основы системы автоматического управления, в том числе теории регулирования контролируемых параметров. Экспериментальные исследования в лабораторно-производственных условиях проводились в соответствии с разработанными частными методиками, а также пользуясь методикой трехфакторного активного планирования эксперимента типа 2^3 и программой «StatisticV5.0». Основные расчеты и обработку результатов экспериментальных исследований выполняли с применением методов математической статистики.

Научную новизну результатов исследования представляют:

- преобразователь низкопотенциального источника энергии с использованием теплового насоса, реализованный в структурной схеме;

- разработанные энергоресурсосберегающие устройства, новизна которых подтверждена патентами РФ.

Основными источниками энергии в *энергоресурсосберегающей установке* (защищена патентом № 109507) являются: возобновляемый источник энергии (ВИЭ), к которому относятся солнечный источник тепловой энергии, НПИЭ, и искусственный источник энергии (ИИЭ)[1].

В солнечном источнике энергии 1 (рис. 1) происходит нагрев теплоносителя температуры 90...95°C. А его передача происходит по каналу 36, при этом температура контролируется датчиком температуры 20.

При этом температура контролируется датчиком температуры 23.

Другая часть низкопотенциальной тепловой энергии по каналу 52 поступает в конденсатор 8, где в результате теплообмена с отработавшим паром низкокипящего вещества превращает его в жидкость и по каналу 53 возвращается обратно в НПИЭ 2.

В качестве ИИЭ 4 используется газовый котел 35, который состоит из газового баллона 33; электромагнитного клапана 34; каналов подачи газа 78, 79 и канала подачи электроэнергии 66.

Температура теплоносителя, нагреваемого в котле 35 до 90...95°C, контролируется датчиком температуры 26 и работой котла 35 путем подачи газа через электромагнитный клапан 34. Для переключения

установки от ВИЭ к ИИЭ предусмотрен эксплуатационный пульт управления 30 с переключателями 31, 32. В замкнутом контуре, состоящем из турбины 5, канала 50, конденсатора 8, канала 47, насоса 12, канала 48, испарителя 7, канала 49, циркулирует низкокипящее вещество.

При работе системы на ВИЭ нажатием на кнопку 31 эксплуатационного пульта управления запускается данная установка.

На блоки сравнения 21, 24 начинают поступать сигналы от датчиков температуры 20 и 23. Сигналы рассогласования поступают на блок управления 19 следующим образом.

Если в датчике температуры 20 температура теплоносителя равна 90°C , то значит задатчик 22 отрегулирован на значение 90°C , поэтому в блоке сравнения 21 сигнал рассогласования отсутствует и по каналу 70 сигнал не подается, питание на электрический регулятор 15 не поступает и, соответственно, канал 37 закрыт. В этом случае блок управления 9 подает ток по каналу 64 на электрический регулятор 16, который дополнительно открывает канал 54 и низкопотенциальная энергия с теплоносителем начинает подаваться как по каналу 52, так и по каналу 54.

В тепловом насосе 3 происходит повышение температуры теплоносителя до 80°C , а отработавшая низкопотенциальная энергия по каналу 55 возвращается обратно в НПИЭ 2.

Теплоноситель, нагретый до температуры 80°C , с повышенным давлением поступает в электрический регулятор 15, у которого канал 37 закрыт, а канал 38 открыт, и по этому каналу теплоноситель поступает в электрический регулятор 17, у которого оба канала 39, 40 открыты и теплоноситель по каналу 39 поступает в испаритель 7, куда одновременно по каналу 48 поступает низкокипящее рабочее вещество в виде жидкости. В испарителе 7 низкокипящее рабочее вещество отбирает теплоту от горячего теплоносителя, при этом происходит испарение низкокипящего рабочего вещества и его превращение в пар. Далее рабочий пар поступает в турбину 5, где часть энергии рабочего вещества с помощью турбины 5 с генератором 6 преобразуется в электрическую энергию. Отработавший пар поступает по каналу 50 в конденсатор 8, где происходит теплообмен между отработавшим паром и низкопотенциальной энергией с теплоносителем, поступающей в испаритель 7 по каналу 52. Отдавая теплоту, отработавший пар превращается в жидкость, которая по каналу 47 насосом 12 и каналу 48 прогоняется в испаритель 7. А теплоноситель низкопотенциальной энергии, отобрав теплоту от отработавшего пара, по каналу 53 возвращается в НПИЭ 2. Одновременно блок управления 19 подает электроэнер-

гию на насос 12 и электрические регуляторы 13, 14, при этом канал 46 закрывается, а канал 58 – открывается. Отработанный теплоноситель после объекта отопления 9 и АБХМ 10 по каналу 44 поступает в электрический регулятор 14 и циркулирует по каналам 46, 59 и электрическому регулятору 13, а затем возвращается в тепловой насос 3.

Если температура теплоносителя в канале 36 становится выше 90°С, тогда в блоке сравнения 21 в результате вычисления сигналов, полученных от датчика 20 и задатчика 22, формируется сигнал рассогласования, который подается по каналу 70 в блок управления 19. Блок управления 19 в результате получения этого сигнала прекращает подачу электроэнергии на регулятор 16, который закрывает канал 54 и прекращает подачу НПИЭ на тепловой насос 3. Кроме того, блок управления 19 начинает подавать электроэнергию по каналу 65 на электрический регулятор 15, который закрывает канал 56, открывает канал 37 и при этом теплоноситель из солнечного источника энергии 1 через электрические регуляторы 15 и 17 по каналам 38, 39 подается в испаритель 7, а по каналу 40, через электрический регулятор 18, и каналам 41, 42 – на объект отопления 9 и в АБХМ 10. Отработанный теплоноситель после объекта отопления 9 и АБХМ 10 по каналу 44 подается через электрический регулятор 14, канал 46, электрический регулятор 13. При этом каналы 58, 59 закрыты. Цикл повторяется.

В испарителе 7 аналогично происходит испарение низкокипящего вещества и его превращение в пар. Далее рабочий пар поступает к турбине 5, где часть энергии рабочего пара с помощью генератора 6 преобразуется в электрическую энергию. Полученная в генераторе 6 электроэнергия по каналу 77 подается к потребителю.

В результате этих процессов будет обеспечен высокий перепад испарения и конденсации рабочего вещества и, следовательно, довольно высокий КПД преобразования солнечной энергии в электрическую.

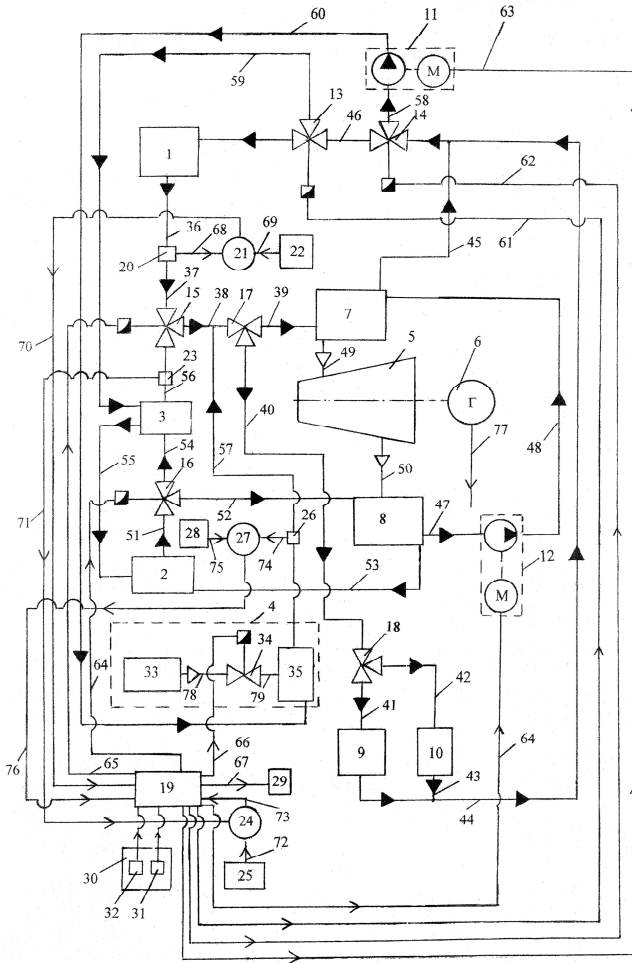


Рис.1. Принципиальная схема энергоресурсосберегающей установки:

1 – солнечный источник тепловой энергии; 2 – низкопотенциальный источник энергии; 3 – тепловой насос; 4 – искусственный источник тепловой энергии; 5 – турбина; 6 – генератор; 7 – испаритель; 8 – конденсатор; 9 – объект отопления; 10 – абсорбционная холодильная машина; 11, 12 – электрические насосы; 13, 14, 15, 16; 17, 18 – электрические регуляторы; 19 – блок управления; 20, 23, 26 – датчики температуры; 21, 24, 27 – блок сравнения; 22, 25, 28 – задатчики; 29 – сигнализатор; 30 – эксплуатационный пульт управления; 31 – переключатель ВИЭ; 32 – переключатель ИИЭ; 33 – газовый баллон; 34 – электромагнитный клапан; 35 – газовый котел; 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60 – каналы теплоносителей; 47, 48, 49, 50 – каналы низкокипящего вещества; 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67 – каналы подачи электроэнергии; 68, 69,

70, 71, 72, 73, 74, 75, 76 – каналы подачи электрических сигналов; 77 – канал передачи электроэнергии к потребителю; 78, 79 – каналы подачи газа в котел

Если в солнечном источнике энергии 1 и тепловом насосе 3 установится температура меньше 50°C, то блок управления 19 по каналу 67 подает энергию на сигнализатор 29, который информирует о низком значении температуры теплоносителя.

В этом случае пользователь нажатием на кнопку 31 останавливает работу установки на ВИЭ, а нажатием кнопки 32 запускает работу установки на ИИЭ. При этом блок управления 19 выключает электрический регулятор 15, подает энергию по каналу 66 на электромагнитный клапан 34 и ИИЭ, при этом начинает работать котельная установка.

В этом случае электромагнитный клапан 34 открывается и газ по каналам 78, 79 подается в котел 35, который начинает работать. Теплоноситель, т.е. вода, через электрический регулятор 14, насос 11, канал 58, канал 60 поступает в котел 35 (при этом канал 46 закрывается), нагревается, и по каналу 57 поступает в канал 38. При этом температура теплоносителя контролируется датчиком температуры 26. При повышении температуры выше заданного значения блок сравнения 27 подачей сигнала по каналу 76 на блок управления 19 управляет подачей электроэнергии на электромагнитный клапан 34, тем самым регулируя работу котла 35 и обеспечивая получение требуемой температуры теплоносителя в канале 57. Нагретый теплоноситель через электрический регулятор 17 по каналу 39 направляется в испаритель 7, а по каналу 40, электрическому регулятору 18 и каналам 41, 42 аналогично направляется на объект отопления 9 и в АБХМ 10. Отработавший теплоноситель с помощью насоса 11 циркулирует через электрический регулятор 14 по замкнутому контуру и цикл повторяется.

На объектах отопления во всех рассмотренных вариантах обеспечивается поддержание требуемого температурного режима в картофелехранилище в течение круглого года.

В АБХМ 10 во всех рассмотренных вариантах благодаря высокой температуре теплоносителя происходит выработка холода, необходимого для производственных нужд сельхозпроизводителя и сохранения картофеля.

Перспективы использования полученных результатов.

Энергоресурсосберегающая установка путем использования ВИЭ и ИИЭ может удовлетворить потребность в электроэнергии и холоде хранилищ и других объектов, расположенных в труднодоступных районах, удаленных от линий электропередач в течение круглого года. Разработанная установка заменяет дизельные электроустановки, генераторы и котельные, стоимость энергии которых очень высока. К тому

же установки, работающие на традиционном углеводородном сырье, загрязняют атмосферу и почву. АБХМ является источником холода, при этом позволяет сохранить качество сельхозпродуктов и увеличить их срок хранения. При этом АБХМ отличается значительно меньшим расходом электроэнергии и ее применение сельхозпроизводителями позволяет снизить как эксплуатационные расходы, так и стоимость строительства.

Творческий характер работы, самостоятельность подхода к исследованию, личный вклад автора.

Энергоресурсосберегающие устройства, защищенные патентами, разработаны автором лично (Ершовой И. Г. – в девичестве Васильевой И.Г. – от 18.08.2012) под руководством научного руководителя – Тимофеева В. Н.

Охраноспособность результатов работы.

Энергоресурсосберегающая установка и ее основные узлы защищены 8 охранными документами: патент № 100873 от 10.01.2011; патент № 101321 от 20.01.2011; патент № 103579 от 20.04.2011; патент № 109507 от 20.10.2011; патент № 123909 от 10.01.2013; патент № 118406 от 20.07.2012; патент 106495 от 20.07.2011, патент 117256 от 27.06.2012.

Библиографический список

1. Пат. **109507** **Российская Федерация, МПК F03G6/00 (2006.01)** Энергоресурсосберегающая установка / Васильева И. Г., Тимофеев В. Н.; заявитель и патентообладатель – Васильева И. Г. – № 2011119127/06; заявл. 12.05.2011; опубл. 20.10.2011. Бюл. № 29. – 9 с.: ил.

*А.Ю. Зенович-Лешкевич-Ольпинская, Л.А. Тарасевич к.т.н., доц.
(БНТУ) г. Минск*

ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЕТАНДЕР-ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

Одним из наиболее важных направлений в области энергосбережения является решение проблемы рекуперации энергии избыточного давления природного газа на узлах его редуцирования. Из магистральных газопроводов, давление в которых поддерживается компрессорными газоперекачивающими станциями на уровне 5,5–7,5 МПа, газ поступает в промышленные и городские системы газоснабжения через газораспределительные станции (ГРС), на которых давление газа сни-

жают до необходимой величины и поддерживают на постоянном уровне. Дальнейшее обеспечение потребителей газом требуемых параметров производится через газорегуляторные пункты (ГРП), где давление снижается в различных пределах.

Таким образом, одним из способов экономии энергетических ресурсов может служить использование процесса редуцирования природного газа в ГРС и ГРП с частичным возвратом энергии, затраченной на сжатие природного газа для его транспортировки. Основным путем его реализации является замена дроссельных устройств ГРС и ГРП детандер-генераторными установками, предназначенными для выработки электроэнергии.

В Беларуси турбодетандерные технологии известны с 2000 года. На Лукомльской ГРЭС были внедрены два детандер-генераторных агрегата мощностью 5 и 2,5 МВт, на Минской ТЭЦ-4 установлены две утилизационные детандер-генераторные энергетические установки суммарной мощностью 5 МВт. В мае 2008 года введена в эксплуатацию детандер-генераторная установка УТДУ-4000 электрической мощностью 4 МВт на Гомельской ТЭЦ-2.

Принцип работы УТДУ-4000

Природный газ из входного коллектора, пройдя узел очистки, поступает в подогреватель газа, затем через блок стопорно-дозировочный – в турбодетандер (рис. 1). При расширении газа в детандере, жестко связанном при помощи зубчатой трансмиссии и редуктора с генератором, потенциальная энергия сжатого газа преобразуется в механическую, приводя в действие генератор, который производит электрическую энергию (рис. 2). Далее электроэнергия через повышающий трансформатор направляется в электрическую сеть 110 кВ.

После расширения в турбодетандере газ через отключающую задвижку направляется к котлоагрегатам ТЭЦ.

Для обеспечения бесперебойной подачи газа потребителю УТДУ снабжена байпасной линией, в комплект поставки которой входят клапан защиты (КЗ) и регулятор давления газа (РДГ).



Рис. 1. Помещение детандерного отделения



Рис. 2. Помещение генераторного отделения

В случае аварийной остановки агрегата срабатывает стопорный клапан (СК), который перекрывает подачу газа на УТДУ. Одновременно с закрытием СК открывается быстродействующий клапан защиты (время закрытия СК и открытия КЗ составляет 0,3 с) и газ в обход УТДУ поступает в выходной коллектор ГРП. В это время давление в газопроводе после УТДУ обеспечивается регулятором давления газа. В случае невозможности продолжения работы установки начинают автоматически открываться редуцирующие клапаны ГРП и постепенно закрываться РДГ. После полного закрытия клапанов РДГ и КЗ газораспределительный пункт переходит на штатный режим функционирования.

Схема подогрева газа

Особенностью схемы подогрева газа на Гомельской ТЭЦ-2 является то, что для подогрева газа до температуры 80–100 °С используется сетевая вода, отбираемая за подогревателем сетевым горизонтальным № 2 (ПСГ-2), что позволяет задействовать низкопотенциальный пар, отработавший в тепловой турбине. Дальнейший дополнительный (в

случае необходимости) до температуры газа до 115 °С производится дополнительный подогрев сетевой воды в отдельном подогревателе паром 4-го отбора турбины. Важной особенностью данной схемы является то, что до $N_{дгу}=2,5$ МВт, $Q_{дгу}=60$ тыс. м³ газа можно обходиться без догрева сетевой воды, что еще более повышает экономичность ДГУ. Например, в летний период в случае работы двумя энергоблоками можно обходиться без включения газового подогревателя.

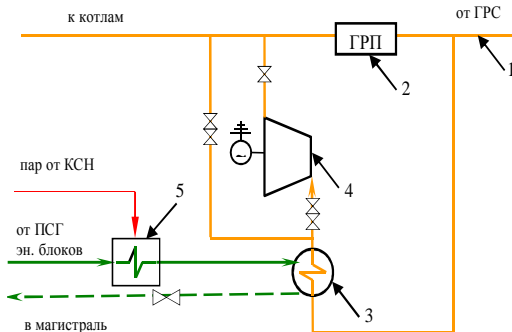


Рис. 3. Схема подогрева газа

1 – подвод газа к ГРП; 2 – ГРП; 3 – газоподогреватель (теплообменный аппарат); 4 – турбодетандер; 5 – подогреватель сетевой воды ДГУ

Основные показатели УТДУ-4000

УТДУ-4000 на Гомельской ТЭЦ является головным образцом в Беларуси, прошедшим опытно-промышленную эксплуатацию. За период с 2008 года его наработка составила 15700 ч, выработано экологически чистой электрической энергии более 27млн.кВтч, сэкономлено топлива – 9690 т у. т. В соответствии с актом технической эффективности установки УТДУ-4000-1,2-2,6-УХЛ-4У на Гомельской ТЭЦ-2 при расходе газа 102,3 тыс. нм³/ч получена электрическая мощность 4,56 МВт, что приближается к уровню европейских образцов. При этих условиях удельный расход топлива на отпуск электроэнергии составил 130 г у. т./кВт·ч.

Особенностями УТДУ-4000 на Гомельской ТЭЦ по сравнению с ранее внедряемыми на территории СНГ установками ОАО «Турбогаз» являются:

- применение стопорно-дозировочного клапана новой конструкции, что позволило снизить потери на дросселирование до 0,03 МПа;
- использование направляющего аппарата с четырьмя ступенями регулирования вместо направляющего аппарата с одной ступенью регулирования, что позволяет за счет точного регулирования положения

сопловых лопаток получить дополнительную мощность на детандер-генераторной установке.

Основные технические характеристики УТДУ-4000 приведены в таблице.

Таблица 1. Основные характеристики УТДУ-4000-1,2-2,6-УХЛ-4

Наименование параметра, единица измерения	Технические условия	Данные испытаний
Давление газа на входе в УТДУ, МПа (абс.)	1,2	1,06
Давление газа на выходе в УТДУ, МПа (абс.)	0,09	0,072
Расход газа через УТДУ, м ³ /ч	110 000	102 300
Температура газа на входе в агрегат, оС	90-120	115
Температура газа на выходе из агрегат, оС	5	5
Мощность УТДУ на клеммах генератора, кВт	4000	4560

Дальнейшими путями повышения эффективности ДГУ Гомельской ТЭЦ-2 являются:

- внедрение автоматического регулирования направляющих аппаратов в зависимости от расхода газа на ДГУ для увеличения используемой электрической мощности;
- реконструкция ГРП с заменой регуляторов давления для снижения минимального расхода газа через ГРП, что позволит увеличить долю газа, пропускаемого через ДГУ.

Опыт эксплуатации УТДУ-4000 в составе Гомельской ТЭЦ-2 позволяет утверждать, что установка полностью соответствует современному уровню развития техники. Ее использование дает возможность ввести в хозяйственный оборот вторичные энергоресурсы и получить до 1 % дополнительной мощности, снизить расход топлива, а также улучшить экологические показатели.

*Ю. Зиновьев, студ., А.А. Карташова, асп.;
рук. В.Ф. Новиков, д.х.н., проф.
(КГЭУ, г. Казань)*

СОЗДАНИЕ ЗАМКНУТЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Проблемы энерго- и ресурсосбережения на промышленных предприятиях год от года становятся все более актуальными. В Республике Татарстан данное направление курируется Министерством энергетики РТ в рамках реализации долгосрочной целевой программы "Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в Республике Татарстан на 2011-2015 годы и на перспективу до 2020 года", кроме того готовится к опубликованию Энергетическая стратегия развития Республики Татарстан на период до 2030 года.

Усиление внимания к вопросам данной сферы требует существенных изменений на уровне принципов ведения хозяйственной деятельности, стратегии повышения эффективности использования энергетических и материальных ресурсов, формирования нового мировоззрения и общественного мнения, основанного на принципах энергосбережения.

Особо актуальна эта проблема для нефтяных компаний нашей республики, поскольку в этой области остается большой запас нерезализованных на данный момент энергетических ресурсов в виде попутного нефтяного газа (ПНГ) месторождений, содержащих высокосернистую нефть. В последние годы в мировой практике эта проблема заняла особое место, и в настоящее время существуют возможности очистки ПНГ от соединений серы для последующего их использования в технологических циклах.

Таким образом, становится возможным создание замкнутой, безотходной, экономически и энергетически выгодной системы ресурсо- и энергообеспечения нефтедобывающей компании при одновременном решении экологических вопросов, касающихся утилизации ПНГ, и проблем автономного энергообеспечения с перспективой выхода на оптовый рынок мощности и электроэнергии (ОРЭМ) в качестве продавца энергоресурсов.

Не менее актуален вопрос использования альтернативных источников энергии, исключая потребление горючих газов, жидких и твердых полезных ископаемых, запасы которых ограничены. В долгосрочной перспективе становится необходимым решение проблемы отказа от традиционных технологий получения энергии, при этом должна обес-

печиваться бесперебойная работа всех технологических циклов и покрытие растущих требований в мощности.

Предлагаемая схема энерго- и ресурсосберегающих мероприятий состоит из следующих основных блоков (рис.1), которые могут варьироваться либо исключаться в зависимости от расчета нагрузок и стратегических целей предприятия-заказчика:

1. блочно-комплексная установка сероочистки попутного нефтяного газа на базе технологии Sulfurex фирмы DMT Environmental Technology, Нидерланды, с совмещенным блоком каталитической очистки с использованием природных цеолитов [1];

2. газопоршневая мини-электростанция (ГПЭС) на ПНГ варьируемой мощности для покрытия собственных потребностей и передачи энергии на ОРЭМ [2];

3. экспериментально-эксплуатационный блок по разработке и внедрению в промышленное производство возобновляемых источников энергии, куда входит левитационная ветроэлектростанция, солнечный коллектор и аккумуляторная батарея высокой емкости;

4. внедрение энергосберегающих технологий непосредственно у потребителя посредством замены ламп накаливания, предназначенных для освещения помещений, на светодиодные осветительные установки повышенной надежности.

Кроме этого, в предлагаемом комплексе будет сделан особый упор на экологической безопасности и максимальном повышении эффективности протекания рабочих процессов посредством организации аналитического контроля. Основу системы анализа процессов (определение содержания серы и меркаптанов в ПНГ, анализ отработанных газов газопоршневой электростанции) будет составлять компьютерно-хроматографический комплекс.

Интегрированный в технологический процесс аналитический модуль позволит повысить качество технологических процессов, обеспечит оптимальные параметры работы системы, что положительно отразится на надежности и долговечности, а также позволит найти оптимальный режим работы и расхода энергетических и материальных ресурсов, увеличивая тем самым экономический эффект и сокращая срок окупаемости проекта. Особые достоинства хроматографических методов анализа водной и воздушной сред заключаются в том, что в процессе однократного ввода пробы можно разделить сложные смеси органических и неорганических компонентов [3].

Для увеличения степени очистки ПНГ от соединений серы и меркаптанов предлагается дополнить схему блоком каталитической очи-

стки с использованием природных цеолитов месторождений Татарстана [5].

Крупной статьёй эксплуатационных расходов при адсорбционной очистке газов от сернистых соединений является стоимость сорбента, которая зависит от срока его службы. Одним из наиболее важных его показателей является сорбционная емкость. Применение сухих методов будет неэкономичным, если получаемые при очистке побочные продукты не могут быть реализованы в других отраслях народного хозяйства, что обеспечит получение средств, возмещающих расходы на газоочистку.

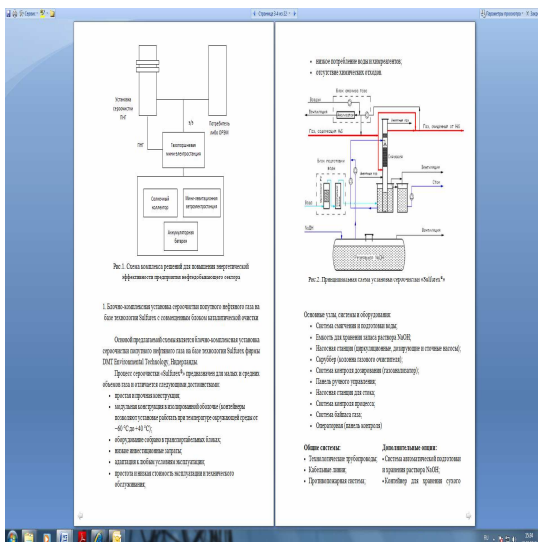


Рис.1. Схема комплекса решений для повышения энергетической эффективности предприятия нефтедобывающего сектора

Анализ литературных данных показал, что наиболее эффективно с этой целью можно использовать природные цеолиты, которые обладают молекулярно-ситовыми свойствами и при их детальном исследовании могут решить важнейшие задачи по очистке газов от сернистых соединений. В то же время из-за недостаточной изученности природных цеолитов они не нашли широкого применения при сорбционной очистке от сернистых соединений, которые оказывают на здоровье людей вредное влияние в виде экологических «потерь», обусловленных стоимостью ухода за больными и их лечением.

Как известно, капитальные затраты возрастают почти пропорционально понижению концентрации сернистых соединений в очищенном газе. При этом методы улавливания сернистых соединений и их утилизация должны также удовлетворять и санитарным требованиям установки сероочистки, которая не должна загрязнять атмосферный воздух и водоемы своими выбросами.

При этом сухой сорбционный процесс улавливания сернистых соединений может быть экономически выгодным при наличии сравнительно дешевых и доступных сорбентов, к которым и относятся природные цеолиты.

Достаточно высокие сорбционные, каталитические и ионообменные свойства природных цеолитов, а также появление эффективных методов регулирования их геометрической структуры и химической природы поверхности, наличие крупных промышленных месторождений и достаточно низкая стоимость делают экономически целесообразным использование природных цеолитов при разработке технологий очистки газообразных веществ от сернистых соединений.

Для очистки углеводородного сырья, которое содержит наибольшие количества меркаптановой и сульфидной серы, цеолиты являются одними из наиболее эффективных сорбентов. Широкое использование синтетических цеолитов из-за их высокой стоимости и недостаточной механической прочности в агрессивных средах ограничивает область их применения, поэтому резко возросла роль природных цеолитов.

Библиографический список

3. Капелович Б.Э. Эксплуатация паротурбинных установок. М.: Энергия. 1975. 235 с.
4. <http://sulfurex.ru/>
5. www.esist.ru
6. Карташова А.А., Ильина О.В., Танеева А.В., Новиков В.Ф. Центральная аналитическая лаборатория хроматографических методов анализа (ЦАЛХМА): направления работы и перспективы // Вестник КГЭУ, №3 (6), 2010. С. 65-70.
7. Гизатуллин А.Р., Карташова А.А., Каратаев О.Р., Новиков В.Ф. Сорбционные свойства цеолитсодержащих пород Республики Татарстан при очистке газовых выбросов // В сб. 6-ой Всероссийской цеолитной конференции с международным участием, Московская обл., г. Звенигород, 2011, С. 56-58.

*Е.Д. Конопелько, студ.; рук. С.К. Попов, д.т.н., доц.
(НИУ «МЭИ», г. Москва)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТЕКЛОВАРЕННОЙ ПЕЧИ

Производство стекла — очень энергоемкий процесс, и выбор источника энергии, метода нагрева и рекуперации теплоты являются определяющими для конструкции печи. Те же самые альтернативы являются и одними из наиболее значимых факторов, определяющих экологическую результативность и энергоэффективность стекловарения.

Основными источниками энергии для производства стекла являются природный газ, жидкое топливо и электроэнергия. Стоимость энергии для стекловарения является также одной из самых значительных статей текущих расходов для стекольных предприятий и представляет собой значительный стимул для снижения потребления энергии.

Автором рассматривается теплотехнологическая система (ТТС) производства стекловолокна, включающая в себя ванную стекловаренную печь с регенеративным подогревателем окислителя. Подробно рассмотрены характеристики стекловаренной печи, выполнен анализ структуры теплового баланса, а также произведен обзор энергосберегающих мероприятий для этих установок. В среде Mathcad автором выполнено исследование энергетической эффективности ряда мероприятий. Разработана программа, позволяющая оценить энергоемкость технологии производства продукта, при использовании различных энергосберегающих мероприятий. Личный вклад автора: разработка программы и проведение исследования.

Применение дополнительного электроподогрева не всегда является энергоэффективным мероприятием, и в данном случае используется только как средство обеспечения необходимых параметров технологического процесса при условии экономической эффективности. В частности, дополнительный электроподогрев обеспечивает четкое разделение зон варки в варочном бассейне и стабилизирует их расположение.

Применение дополнительного слоя изоляции на своде печи экономит около 7% удельного расхода топлива и сокращает тепловые потоки через главный свод на 18%.

Изменение температуры воздуха существенно влияет на видимый расход топлива. При увеличении температуры воздуха с 850°C до 1300°C видимый расход топлива уменьшается на 25%, что доказывает эффективность применяемого метода. Данное мероприятие может

быть более эффективным в сочетании с другими энергосберегающими мерами, применяемыми в стекольной промышленности.

Расчетный анализ показывает, что комплексное применение совокупности всех рассмотренных энергосберегающих мероприятий дает возможность снизить видимый расход топлива в ТТС на 35%.

Коробицын Д.А. (ТГК-2, г.Архангельск)
**СИСТЕМА ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ,
ТЕПЛО-ЭЛЕКТРОАУДИТ**

В настоящее время остро стоит проблема снижения потребления энергоресурсов. Для жителей северных районов наиболее актуален вопрос энергосбережения, в настоящий момент он относится к проблеме государственного значения. Тепло – категория дорогостоящая. Оплата за тепловую энергию организации, имеющей несколько крупных зданий, только за один отопительный сезон может составить несколько десятков миллионов рублей. При современных ценах на энергоносители экономия тепла в жилых и административных зданиях становится одной из основных задач строительных и эксплуатирующих организаций. При наличии в организации нескольких десятков узлов учета тепловой энергии контроль за их работой становится трудновыполнимой задачей. Решить ее можно путем применения новых высокоэффективных методов контроля параметров потребления тепловой энергии.

Федеральным законом «О теплоснабжении» на государственные учреждения возложена обязанность по ежегодному снижению объемов энергопотребления в занимаемых ими зданиях и сооружениях

Приборы учета тепловой энергии являются эффективным инструментом контроля и формирования базы данных по объёму и качеству потребляемой тепловой энергии. Современное оборудование, установленное в узлах учёта тепловой энергии, позволяет организовать дистанционный сбор данных с приборов учета с использованием проводных и беспроводных каналов связи. Большинство имеющихся систем ориентировано на конкретного производителя теплового счетчика. Многие организации имеют счетчики различных производителей и разных модификаций. У каждого производителя создана своя система сбора данных, часто не совместимая с системами другого производителя. Возникающие проблемы несовместимости систем сбора данных не позволяют создать единую программу диспетчеризации на предприятии. Для типичной схемы удаленного опроса одного энергоучет-

ного прибора присуще одно устройство (GSM модем), к которому осуществляется дозвон с диспетчерской станции оператора. В дальнейшем происходит обмен данными между прибором и станцией оператора и прибором энергоучета. Из минусов такого способа можно назвать:

1) В случае использования большого количества счетчиков, необходимо большое количество модемов.

2) Низкая частота обновления показаний. Это связано с тем, что на станции оператора зачастую находится один модем, который дозванивается до каждого энергоучетного прибора по очереди, зачастую раз в сутки или ещё реже.

В новой системе, разработанным мной устранены эти минусы и добавлено множество функций, которых нет на аналогичных модемах данной ценовой категории. А именно:

В основе построения данной системы положен модульный принцип (рис.1).

Основные составляющие проектируемой системы:

- система сбора данных с приборов учета энергоресурсов (расходомеры, температурные датчики, датчики давления и количества теплоты, приборы анализа электроэнергии, газовые счетчики и т.д.);
- распределенная база данных с возможностями опроса систем сбора через API;
- разнообразные пользовательские интерфейсы: web-интерфейс, GUI-интерфейс, мобильное приложение.

Внедрение данной системы и нового прибора для сбора и передачи данных с тепловычислителей позволит собирать одним прибором данные с различных учетных приборов и передавать по различным проводным и беспроводным каналам связи в центр сбора.

Основные отличия созданного прибора от аналогов прибора:

- данное устройство имеет два независимых com порта и два CAN интерфейса и может организовать сбор данных с нескольких разнотипных (Стандартом предусмотрена возможность подключения к CAN сети любого количества устройств, однако практически оно ограничивается нагрузочной способностью передатчиков (100...200) или задержкой в повторителях) приборов учета энергоресурсов (в дальнейшем планируется внести возможность осуществлять управление и регулирование нагрузкой тепловой системы)

- в отличие от аналогов, данное устройство является программируемым и позволяет удаленно изменять и обновлять программное обеспечение в соответствии с поставленной задачей;
- передача данных осуществляется в основном по GPRS протоколу, который в свою очередь организован через GSM связь (900-1800МГц).
- Частота обновления значительно больше, чем у аналогов (несколько раз в минуту, в зависимости от количества подключенных устройств), что позволяет строить актуальные графики, делать расчеты и диспетчеризировать состояние тепло, электро, газо и др сетей. Так же на основе этих данных можно делать выводы об энергоэффективности зданий и сооружений, потребляемых энергоресурсах в любое время суток, в случае аварии или нарушении режима выдавать тревожные сообщения (прорыв трубопровода, низкое качество электроэнергии и тд.)
- Имеется внутренний источник питания +5В для питания и зарядки аккумуляторов внешних устройств.
- Устройство питается от внешнего источника 12 вольт постоянного напряжения, это позволяет не проводить к устройству линию 220 вольт, что позволяет использовать устройство во взрывоопасных помещениях, и позволит избежать получение специального разрешения на установку устройства.

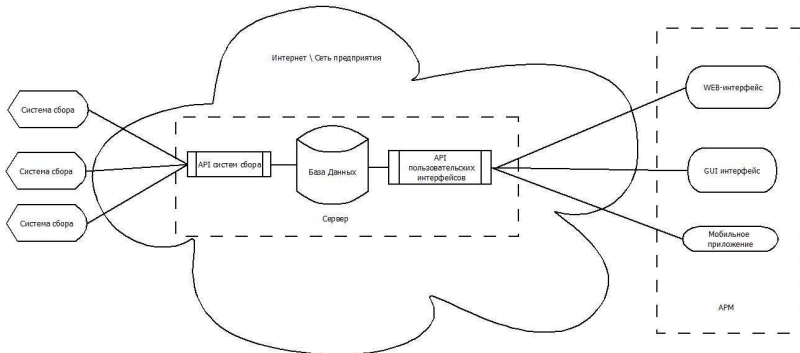


Рисунок 1. Функциональная схема системы

Предполагаемый проект позволяет наладить работу диспетчерской службы по оперативному учету потребляемой тепловой энергии, что приведет к быстрому реагированию на внештатные ситуации в работе электросетей, инженерных систем отопления зданий и сооружений, а в

конечном итоге к снижению затрат на оплату счетов за тепловую энергию.

*Фиатович Ю.А., студ.; рук. Ризванов Р.Г., д.т.н.,
профессор, УГНТУ, г. Уфа*

КОМПАКТНЫЙ ТЕРМОСИФОННЫЙ ТЕПЛООБМЕННИК-УТИЛИЗАТОР

Любое нефтеперерабатывающее и нефтехимическое производство является мощным источником загрязнения окружающей среды.

В настоящее время происходит недостаточное использование вторичных энергоресурсов на технологических установках нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий, что в свою очередь ведет к полной потере низкопотенциального тепла, загрязнению окружающей среды и снижению тепловой эффективности установок.

Разработка и внедрение различного оборудования для утилизации теплоты вторичных энергетических и материальных ресурсов, способствует созданию малоотходных и безотходных производственных процессов. Применение утилизационных теплообменников позволяет сократить потребление невозобновляемых энергоресурсов и снизить объемы выбросов вредных веществ в атмосферу, способствует охране окружающей среды от теплового и химического загрязнения [1].

Применяемая на сегодняшний день теплообменная аппаратура (кожухотрубчатые, пластинчатые теплообменники, АВО) основана на принципе конвективного теплообмена через разделяющую поверхность и является достаточно эффективной в случае большого перепада температур входа и выхода продукта.

При необходимости снятия низкопотенциального тепла (когда разность температур теплообменивающихся сред составляет лишь несколько десятков градусов и меньше), применение указанной теплообменной аппаратуры является нецелесообразным, в связи с необходимостью значительного увеличения поверхности теплообмена и соответственно металлоемкости аппарата [3].

Таким образом, можно выделить наиболее важные задачи в этой области: утилизация энергии выходящих с установок потоков, необходимость разработки и внедрения нового высокоэффективного теплообменного оборудования, снижение металлоемкости и повышение надежности аппаратуры, а так же ее ремонтпригодности [4].

Одним из перспективных теплообменных аппаратов, которые могут использоваться для утилизации низкопотенциального тепла, является теплообменник на базе закрытого двухфазного термосифона (ЗДТ). Конструктивно такой утилизатор выполнен из двух параллельных каналов для горячего и холодного теплоносителя (рисунок 1) [5]. Каналы разделены перегородкой, в которой плотно закреплены теплопередающие элементы в виде термосифонов.

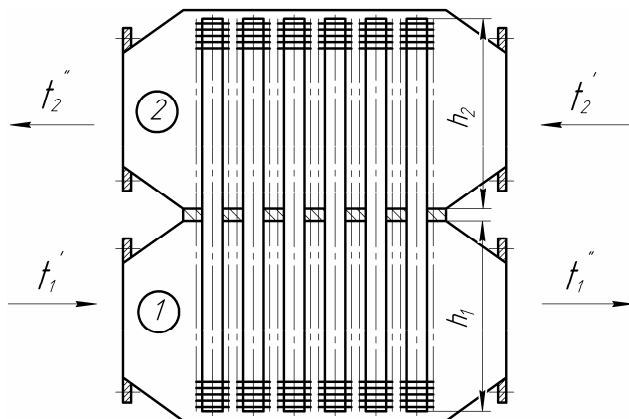


Рис. 1. Схема термосифонного теплообменника-утилизатора

Внутри термосифоны частично заполнены промежуточным теплоносителем, с помощью которого теплота в испарительно-конденсационном цикле передается от горячего потока к холодному. Теоретически в качестве теплоносителей можно применять любые химические соединения и вещества, которые имеют жидкую и паровую фазы в рабочем диапазоне температур и давлений. На практике применяется весьма ограниченное количество жидкостей.

Лучшим теплоносителем по многим параметрам является вода. Она обеспечивает наибольший теплоперенос из всех известных теплоносителей, за исключением жидких металлов, общедоступна, пожаро- и взрывобезопасна.

Давление во внутренней полости термосифона подбирается таким образом, что бы обеспечить необходимые температуры испарения и конденсации теплоносителя [5]. При выборе теплоносителя следует уделять значительное внимание давлению, при котором достигается необходимая температура кипения жидкости. Создание вакуума во внутренней полости термосифона требует дополнительных затрат. Чаще всего степень вакуумирования не играет большой роли, так как

термосифон успешно работает и при наличии в его полости некоторого объема воздуха.

Теплообменник на базе ЗДТ обладает хорошими теплотехническими и прочностными свойствами, малым гидравлическим сопротивлением по обеим средам, надежен при эксплуатации, коэффициент теплопередачи на порядок выше, чем у более распространенных аппаратов, а так же отсутствует необходимость применения компенсаторов температурного расширения. Теплоотдача при кипении может способствовать высокому тепловому потоку при низкой разности температур между поверхностью и кипящей жидкостью.

Увеличения коэффициента теплопередачи, и соответственно уменьшения поверхности теплообмена, можно добиться применением оребрения термосифонных трубок с наружной и внутренней стороны, а так же применением пористого покрытия внутренней поверхности стенок термосифона со стороны кипения. Использование поверхностей с наноструктурным пористым покрытием позволяет увеличить коэффициент теплопередачи более чем на порядок.

Для подтверждения целесообразности применения аппаратуры на базе ЗДТ был проведен сравнительный теплотехнический расчет двух теплообменников: термосифонного и кожухотрубчатого.

Одной из основных задач при анализе и оценке конструкций теплообменных аппаратов считается определение их теплотехнической характеристики, тепловой эффективности.

Расчет кожухотрубчатого теплообменника производился по типовой методике путем подбора наиболее оптимального аппарата с помощью проверочного и уточненного расчетов [6].

Расчеты теплообменника на базе ЗДТ проводились по методу, разработанному Безродным М.К. [5].

При расчете термосифона обычно принимаются следующие допущения [3]: процесс парообразования происходит при поверхностном испарении конденсата; температура пара одинакова во всех зонах трубы; в зоне конденсации происходит процесс пленочной конденсации по Нуссельту; влияние парового потока на движение конденсата по стенке термосифона отсутствует; режим течения пленки конденсата ламинарный; термосифон располагается вертикально.

Как и при расчетах кожухотрубчатых теплообменников вначале определяется количество тепла, отдаваемое горячим потоком, и среднелогарифмическая разность температур. Затем определяются коэффициенты теплоотдачи, коэффициент теплопередачи и необходимая поверхность теплообмена.

При расчете термосифонного теплообменника определяют следующие коэффициенты теплоотдачи: от горячего потока к наружной поверхности термосифонных труб в испарительной части; от внутренней поверхности термосифонной трубки к промежуточному теплоносителю; от наружной поверхности термосифонных трубок к холодному теплоносителю и коэффициент теплоотдачи при конденсации промежуточного теплоносителя в термосифонных трубках

Проведенный расчет показал, что применение теплообменников на базе термосифонов является целесообразным. Необходимая поверхность теплообмена в кожухотрубчатом теплообменнике составила 77,8 м². Применение замкнутых двухфазных термосифонов позволяет уменьшить необходимую поверхность до 29 м², т.е. более чем на 62%.

Применение подобных теплообменных аппаратов целесообразно как на строящихся так и на действующих технологических установках, где теплообменное оборудование в виду своего морального и физического устарения требует замены.

Библиографический список

1. Михайлов, В. В. Рационально использовать энергетические ресурсы [Текст] / В. В. Михайлов, – К.: Техника, 1985. – 383 с.
2. Пиоро, И. П. Эффективные теплообменники с двухфазными термосифонами [Текст] / И. П. Пиоро, В. А. Антоненко, П. С. Пиоро. – Киев: Наук.думка, 1991. – 248 с.
3. Амиров, Я. С. Безопасность жизнедеятельности: Книга 4. ч.1. Идентификация надежности и работоспособности теплообменной аппаратуры [Текст] / Я. С. Амиров, Т. А. Бакиев, Ф. Х. Хурматуллин, М. М. Бикбулатов, В. Н. Назаров. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 1998. – 410с.
4. Бакиев, Т. А. Разработка теплообменных агрегатов на базе термосифонов для производств нефтепереработки [Текст]: Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.04.09 / Бакиев Тагир Ахметович. – Уфа: УГНТУ, 2000. – С. 43.
5. Безродный, М. К. Двухфазные термосифоны в промышленной теплотехнике [Текст] / М. К. Безродный, С. С. Волков, В. Ф. Мокляк. – Киев: Вища школа, 1991. – 75 с.
6. Борисов, Г. С. Основные процессы и аппараты химической технологии [Текст] / Г. С. Борисов, В. П. Брыков, Ю. И. Дытнерский. – М.: Химия, 1991. – 496 с.

Д. А. Костин, аспирант.; К. Г. Серебрякова, аспирант.; М. А. Кельплер, аспирант.; рук. А. В. Разуваев д.т.н., доцент (БИТТУУ, г. Балаково)

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

В связи с увеличением потребления энергии во всем мире, в том числе и у нас в стране, и учитывая, что природные ресурсы, такие как – нефть, уголь и газ являются ограниченными на земле, то становится актуальным вопрос о том, что необходимо их экономить. Поэтому одним из путей решения этой проблемы является использование когенерационных установок [1].

Когенерация есть комбинированное производство электрической (или механической) и тепловой энергии из одного и того же первичного источника энергии [2].

Произведенная механическая энергия также может использоваться для поддержания работы вспомогательного оборудования, такого как компрессоры и насосы. Тепловая энергия может использоваться как для отопления, так и для охлаждения. Холод производится абсорбционным модулем, который может функционировать благодаря горячей воде, пару или горячим газам. Одним из примеров когенерационных установок может служить мини-ТЭЦ.

Мини-ТЭЦ - электростанция с комбинированным производством электроэнергии и тепла, расположенная в непосредственной близости от потребителя.

В качестве источника энергии в мини-ТЭЦ используются двигатели внутреннего сгорания (ДВС): дизельные, газовые и газотурбинные.

Энергия, выделившаяся при сгорании топлива, в ДВС производит механическую работу и теплоту. Механическая работа на валу двигателя используется для выработки электроэнергии генератором электрического тока. Тепло отработавших газов и системы охлаждения двигателя служит для получения горячей воды или пара.

Наибольшей эффективностью, надежностью и универсальностью отличаются установки на основе газовых (газопоршневых) двигателей. Это вызвано, прежде всего, современными требованиями к экологической чистоте окружающей среды, а также к снижению эксплуатационных расходов на органическое топливо и доступностью его использования. Газовые двигатели используются для работы в составе генераторных установок, предназначенных для постоянной и периодической работы (снятие пиковых нагрузок) с комбинированной выработкой электроэнергии и тепла [3]. Кроме того, они могут использоваться для

обеспечения работы абсорбционных холодильных установок (тригенерация) в системах кондиционирования.

Применение автономных энергоисточников с комбинированным производством электрической и тепловой энергии (когенерация) с комплексной глубокой утилизацией отводимой теплоты обеспечит определенный энергетический резерв и надежность в централизованной системе в настоящее время, а в дальнейшем - при развитии малой энергетики на их основе - она будет не только альтернативой централизованной системе, но и основой для быстрого построения, создания и внедрения автономного (местного, локального) децентрализованного тепло- и электроснабжения во вновь осваиваемых районах, а также в уже освоенных, но не имеющих централизованной системы.

Немаловажным фактором эффективности инвестиций в газопоршневую мини-ТЭЦ является стоимость используемого топлива. Если вы располагаете дешевым топливным газом (попутным нефтяным, коксовым и др.), то целесообразно установить газопоршневую мини-ТЭЦ и пользоваться дешевой электрической и тепловой энергией [4].

Для ряда строящихся объектов, значительно удаленных от распределительных линий энергосистемы, строительство ЛЭП может обойтись гораздо дороже, чем строительство газопоршневой мини-ТЭЦ. В этом случае мини-ТЭЦ окупается ещё до пуска в эксплуатацию.

Опять же, если строится новый объект, расходы на проектирование и строительство газопоршневой мини-ТЭЦ могут в отдельных случаях на 70-90% покрываться сумой, сэкономленной на подключении объекта к внешним источникам энергии.

Срок окупаемости газопоршневых мини-ТЭЦ в значительной степени зависит от загрузки мини-ТЭЦ. Если средняя загрузка по электрической мощности газопоршневой мини-ТЭЦ составит порядка 70%, то ориентировочный срок окупаемости составит 3-5 лет. Если же вы будете использовать мощность установки менее чем на 35 %, вы рискуете не уложиться по срокам окупаемости и в 10 лет [4].

Поэтому очень важным вопросом при проектировании газопоршневой мини-ТЭЦ является определение минимальной среднеэксплуатационной электрической мощности установки, при которой срок окупаемости не превысит 5 лет [4].

Среднеэксплуатационную мощность установки можно определить:

$$P_{\text{ср}}^{\text{э-т}} = \frac{\sum P_{\text{э}}^i \cdot t_i}{T}$$

где Pe^i – электрическая мощность установки при работе на i -том режиме, кВт; ϕ^i – время работы установки на i -том режиме, час.; ϕ – суммарное годовое время работы установки, час.

Научная новизна данной работы заключается в применении усовершенствованного метода расчета экономического эффекта с учетом адаптации когенерационной установки к конкретному реальному объекту.

Главное отличие применяемого метода заключается в том, что он учитывает, что установка в течение года работает на различных мощностях и в расчете экономического эффекта используется среднее эксплуатационная мощность, тогда как в ряде других методик принимается номинальная мощность установки.

Количество агрегатов в тепло-энергетическом комплексе определяется по формуле:

$$n_{\text{двс}} = \frac{Pe^{\text{об}}}{Pe^i} + 1,$$

где $Pe^{\text{об}}$ – максимальная электрическая мощность (потребность в электроэнергии) объекта, кВт; Pe^i – электрическая мощность одного агрегата, кВт. Единица в формуле означает наличие резервного агрегата, который включается в работу в случае непредвиденных остановов, поломок или ремонта одного из основных агрегатов для предотвращения падения мощности или отключения электроэнергии, а также может использоваться для покрытия пиковых нагрузок.

Поскольку нагрузка в течение дня непостоянна, то принцип включения двигателей в работу должен быть последовательным, т. е. сначала включается в работу один двигатель-генератор, обеспечивая минимальную нагрузку потребителя, для обеспечения средней нагрузки включается второй и т.д., совместная работа всех агрегатов позволяет покрыть максимальную потребность объекта в электроэнергии.

Срок окупаемости установки определяется отношением затрат на установку к прибыли, получаемой при ее использовании[5].

$$T_{\text{ок}} = \frac{C_{\text{затр}}}{\Pi},$$

где $T_{\text{ок}}$ – срок окупаемости, год; $C_{\text{затр}}$ – затраты на установку, руб; Π – прибыль от эксплуатации установки, руб.

Текущие затраты при эксплуатации энергетической установки складываются из следующих составляющих:

$$C_{\text{затр}} = C_{\text{уст}} + C_{\text{топл}} + C_{\text{масла}} + C_{\text{з/п}} + C_{\text{ТО}} + C_{\text{пр.раб.}} + C_{\text{здан}} + A,$$

где $C_{\text{уст}}$ – стоимость установки, руб; $C_{\text{топл}}$ – затраты на топливо, руб; $C_{\text{масла}}$ – затраты на масло, руб; $C_{\text{з/п}}$ – заработная плата работников и

страховые отчисления, руб; $C_{ТО}$ – затраты на техническое обслуживание, текущий ремонт, капитальный ремонт, руб; $C_{пр.раб.}$ – затраты на проектные работы, руб; $C_{здан}$ – стоимость здания или контейнера для установки, руб; A – амортизационные отчисления, руб.

При этом затраты на топливо и масло зависят от мощности, на которой работает энергетическая установка [5].

Прибыль от эксплуатации установки определяется как разность между оплатой электроэнергии и тепла по тарифу от центральной сети и себестоимостью, произведенной установкой, электро- и тепловой энергии.

$$\Pi = Q_{эл.} \cdot (Tar^{эл} - Себ\ ээ) + Q_{тепл.} \cdot (Tar^{тепл} - Себ\ тэ)$$

где $Q_{эл.}$, $Q_{тепл.}$ – годовая выработка электро- и тепловой энергии соответственно, кВт·ч; $Tar^{эл}$, $Tar^{тепл}$ – тариф на электрическую и тепловую энергию соответственно, руб/кВт·ч; $Себ\ ээ$, $Себ\ тэ$ – себестоимость 1 кВт·час электрической и тепловой энергии соответственно, руб/кВт·ч

В случае, когда тепловой энергии от системы утилизации когенерационных установок не хватает для обеспечения комфортной температуры в помещениях объекта, то необходимо обеспечить выработку дополнительной тепловой энергии с повышенной энергоэффективностью. Для этого может быть использована автоматизированная газовая котельная, также блок контейнерного исполнения.

Экономический эффект от применения тепло-энергетического комплекса (от снижения стоимости вырабатываемой электрической и тепловой энергии) будет равен сумме экономических эффектов от применения когенерационных установок и автоматизированной газовой котельной.

При этом экономия тепловой энергии достигается за счет использования вторичного («бросового») тепла топлива ДВС в когенерационных установках и от снижения транспортных потерь за счет применения автоматизированной котельной, установленной в непосредственной близости от объекта.

Библиографический список

1. Ревель П., Виллипп К.А. Энергетические проблемы человека "Среда нашего обитания" Кн. 3, 1995, 291стр
2. Янговский Е. Стратегия энергетики "Наука и жизнь" № 1, 1991, 67с.
3. Разуваев А.В. Поршневые двигатели внутреннего сгорания с высокотемпературным охлаждением. - Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т.- 2001.- 128 с.
4. Разуваев А.В., Костин Д.А., Сармаева Е.А. Экономическая эффективность газопоршневых мини - ТЭЦ. Сборник научных трудов 3 Всероссийской н/т конференции «Информационные технологии, система автоматизированного проектирования и автоматизации» Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2011. С 105-107.

5. **Разуваев А. В., Костин Д. А.** Зависимость срока окупаемости мини-ТЭЦ от ее средней электрической мощности. Материалы международной научной конференции «Современные научно-технические проблемы теплоэнергетики и пути их решения». – Саратов, 2012

*Г.Г. Кушенов, студ.; рук.: А.В. Титов, к.н.т, доцент
(АГТУ, г. Астрахань)*

СТУДЕНЧЕСКИЙ СОЮЗ ЭНЕРГЕТИКОВ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Актуальность проведения политики повышения энергоэффективности

Энергоемкость экономики России в 2-3 раза выше, чем в развитых странах мира. Это огромное поле деятельности для Студенческого союза энергетиков. И необходимость существования и работы союза становятся ясными из этого графика.

Политика Студенческого союза энергетиков в сфере энергосбережения и повышения энергоэффективности.

Приоритетным для Студенческого союза энергетиков является сфера ЖКХ. Сокращения энергопотребления и повышения энергоэффективности в этой сфере одна из главных задач союза. Взаимодействие с жильцами многоквартирных домов, повышение бытовой культуры потребления энергетических ресурсов. Разрушение стереотипов о расточительном использовании энергоресурсов. Ставка Студенческого союза энергетиков Астраханской области - снижение потребление электроэнергии за счет организационных мероприятий!

Причины создание Студенческого союза энергетиков Астраханской области

1. Отсутствие массовой бытовой культуры энергосбережения.

Энергосбережение важная задача по сохранению природных ресурсов, рациональному использованию (и экономном расходовании) энергетических ресурсов. Отсутствие массовой бытовой культуры энергосбережения является одной из главных причин создания Студенческого союза энергетиков Астраханской области. Стереотипы поведения («делай, как все»), то есть практически не делай ничего для экономии энергии, так широко распространены именно потому, что они избавляют как от поиска информации, так и от принятия самостоятельных решений.

2. Отсутствие площадки, объединяющей студентов энергетических специальностей для обмена опытом и получения практических навыков их будущей профессии.

На сегодняшний день сложилась такая ситуация, что студенты малоинтересованы в своей будущей профессии. Отсутствуют профессиональные сообщества, способные поднять имидж профессии, посвятить студентов в практические нюансы их специальности.

3. Низкая энергоэффективность жилищного фонда Астраханской области.

Износ основных фондов отрасли ЖКХ, устарелость технологий и как следствие значительные расходы воды, тепловой энергии и электроэнергии

Студенческий союз энергетиков Астраханской области

Энергосбережение - давно перестало быть проблемой простого обывателя, старающегося сократить коммунальные платежи, сбережение энергии волнует многих, теперь эта проблема стала общегосударственной. В настоящее время наиболее насущным является бытовое энергосбережение (энергосбережение в быту), а также энергосбережение в сфере ЖКХ. Студенческий союз энергетиков - это некоммерческая организация, задачами которой являются повышение знаний и интереса к теме энергоэффективности. Формирование активной позиции студентов ВУЗов Астраханской области по вопросам энергосбережения, повышения энергоэффективности (на производстве и в быту) и рациональному природопользованию.

Цели «Студенческого союза энергетиков Астраханской области»:

1. Объединение студентов энергетических специальностей ВУЗов и ССУЗов Астраханской области для формирования у них активной позиции в сфере энергосбережения;

Энергетика - это высокотехнологичная отрасль, специфика которой подразумевает специальное образование занятых в ней людей даже на самых низших должностях. На сегодняшний момент Студенческий союз энергетиков Астраханской области единственная молодежная организация занимающаяся осуществлением молодежной политики в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности Повышение интереса и знаний студентов к теме энергоэффективности и формирования бережного отношения к использованию топливно-энергетических ресурсов и воспитания экологического сознания у молодого поколения

2. Налаживание канала постоянного информационного взаимодействия с жильцами домов по вопросам энергосбережения и повышения энергоэффективности.

Создание постоянно действующих реальных и виртуальных площадок для обмена опытом, знаниями и контактами позволит наладить

коммуникацию между жильцами домов и ТСЖ. Задача не просто иметь базу данных домов, ТСЖ или каких либо мер по повышению энергосбережения, для этого существуют специализированные ресурсы. Задача – создать всероссийскую площадку, где жильцы домов, управляющие компаний и министерство ЖКХ будут находиться в постоянном непосредственном общении и сотрудничестве друг с другом. На данный момент та информация, которая должна поступать от ТСЖ до жильцов просто напросто не доходит. Мы собираемся выступить связующим звеном в этой цепи.

Задачи «Студенческого союза энергетиков Астраханской области»:

1. Разработка и применение технических решений направленных на повышение энергоэффективности жилых домов. (Внедрение малозатратных мероприятий в области энергосбережения)

2. Пропаганда среди населения бережного отношения к энергоресурсам. Информация нужна каждому, для принятия грамотного и своевременного решения (начиная с момента приобретения жилья). Жильцы не имеют представления о том, сколько можно сэкономить денежных средств используя простейшие меры повышения энергоэффективности. Не каждый знает, что повышение тарифов можно компенсировать повышением энергоэффективности.

Структура взаимодействия

Активную поддержку Студенческому союзу энергетиков оказывают организации, занимающиеся энергоаудитом, это такие организации как НП «Каспийская ассоциация аудиторских и экспертных организаций», так же поддерживают наш проект организации, прочно установившиеся в нашем регионе такие, как «Лукойл-Астраханьэнерго», «МРСК Юга» - «Астраханьэнерго», Всероссийский Электропрофсоюз и Профессиональный союз Астраханских строителей и судоремонтников.

Студенты в независимости от специальности, ВУЗа будут информироваться о способах энергосбережения в быту. Что бы в последующем свои знания они применяли у себя дома.

Жильцы через управляющие компании, либо на собраниях будут оповещаться о способах повышения энергоэффективности дома.

Студенческий союз энергетиков Астраханской области заручился поддержкой агентства по делам молодежи Астраханской области в реализации программ, мероприятий направленных на повышение знаний и интереса молодежи к теме энергосбережения.

Союз так же активно принимает участие в молодежных форумах и конференциях.

Достижения Студенческого союза энергетиков Астраханской области

Первое достижение – это победа на фестивале энергосбережения «Астраханская область – энергоэффективная область» в номинации «Энергосбережение глазами студента». В декабре прошлого года Студенческий союз начал пополняться новыми членами. На данный момент число активных членов клуба достигло 55 человек. Особо отметим, что это среди них нет так называемого балласта. Это студенты, принимающие активное участие в жизни союза.

Всех членов союза мы разделили на 3 группы.

Студенческий союз энергетиков Астраханской области состоит из 3 групп: инновационная группа, информационная группа и монтажная группа. Между данными группами четко поделены обязанности и перед каждой группой поставлены конкретные задачи.

14 декабря 2012 года участникам союза была проведена экскурсия на «МРСК Юга-Астраханьэнерго», где студенты ознакомились с работой предприятия, посетили подстанции «Юбилейная», «Северная».

Участниками Студенческого союза энергетиков Астраханской области проводился и продолжается мониторинг освещенности АГТУ, в ходе которого было обследовано 7 учебных корпусов. Также, информационной группой был произведен мониторинг энергосберегающей продукции, продающейся в магазинах Астрахани. Это мероприятие позволит покупать оптимальные электротовары с точки зрения отношения цены и качества.

Перспективы развития Студенческого союза энергетиков Астраханской области

На ближайшее время ССЭ планируется продолжение набора членов в союз. Пока в союз мы приняли только студентов АГТУ, но мы планируем на этом не останавливаться и агитировать студентов других Астраханских ВУЗов и ССУЗов, таких как: АГУ, АКВТ, ФСПО. Проведение курсов по энергосбережению для членов Студенческого союза энергетиков Астраханской области. Эти курсы будут включать в себя помимо теории энергосбережения, получение практических навыков электромонтажа. Для этого будут привлечены специалисты в организации практических занятий при участии профессионалов.

Параллельно с увеличением численности союза планируется активная агитационная кампания. Также мы планируем выйти на федеральный уровень. Наша задача - появление в каждом регионе Россий-

ской Федерации ячейки Студенческого союза энергетиков. Только так мы можем добиться своих целей!

Заключение

В итоге, Студенческий союз энергетиков Астраханской области позволяет повысить энергоэффективность жилых домов, повысить бытовую культуру энергосбережения, организовать единую информационную площадку для взаимодействия структур ЖКХ, студенческих организаций, учебных заведений и администрации, благодаря активному участию молодежи в энергосбережении и повышении энергетической эффективности.

Н.О. Лемешко, Я.В. Снегерева, К. Аникина, студ.; рук. С.С. Чернов, к.э.н., доц., Ю.В. Дронова, к.э.н., доц. (НГТУ, г. Новосибирск)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ МОТИВАЦИИ БЫТОВЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ К ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ

Введение. Энергосбережение является одним из приоритетных направлений развития России. На реализацию программы повышения энергетической эффективности предусмотрены значительные финансовые ресурсы как из федерального и регионального бюджета, так и из внебюджетных источников. В списке мероприятий программы – формирование бережливой модели поведения у населения [2]. Данная подпрограмма играет важную роль в реализации всей программы повышения энергетической эффективности, поскольку призвана повысить осведомленность и заинтересованность такого важного субъекта энергосбережения, как бытовой потребитель.

На практике подходы, реализуемые относительно таких субъектов энергосбережения, как промышленные и бытовые потребители часто не разделяются, что приводит к тому, что проводимые информационно-агитационные акции оказываются неэффективны.

Результаты представленной работы могут быть использованы как на федеральном, так и на региональном и местном уровнях с целью формирования и выработки средств информационной поддержки программ энергосбережения в сфере жилищно-коммунального хозяйства.

Состояние энергосбережения в сфере ЖКХ. Энергосбережение в ЖКХ намного отстает от промышленного и коммерческого секторов. Энергосберегающие технологии фрагментарно вводятся на строящихся объектах ЖКХ, но они не стали еще системообразующей основой

для энергокомплекса ЖКХ [8]. Даже в крупных городах состояние коммунальной энергетики можно оценить как неудовлетворительное.

По данным некоторых источников, потенциал энергосбережения в ЖКХ составляет 25 % всего потенциала энергосбережения в РФ, который составляет 360 - 430 млн. т. условного топлива [3]. Если в ЖКХ эффективно проводить программу энергосбережения, то можно получить снижение затрат на услуги от 15 % до 40 %.

Энергосбережение в жилищно-коммунальном секторе при значительном экономическом потенциале имеет существенную особенность – широкая дифференцированность потребителей. В этой связи важную роль играет психологический фактор – уровень заинтересованности потребителей в реализации программ повышения энергетической эффективности. На реализацию подпрограммы «стимулирование бережливой модели поведения» выделены бюджетные средства.

Оценить такой параметр программы повышения энергоэффективности, как заинтересованность населения возможно только по результатам проведения опросов.

Результаты социологического исследования бытовых потребителей по проблеме энергосбережения в быту. Последнее исследование осведомленности населения относительно мероприятий энергосбережения на федеральном уровне было проведено в 2007 г., до принятия первых нормативных актов в сфере энергосбережения.

В НГТУ в рамках студенческой НИР при центре энергосбережения и энергоаудита проведен опрос, участие в котором приняли 2 группы респондентов – студенты факультета энергетики (35 человек) и специалисты-энергоаудиторы (8 человек). В структуре анкеты были приведены как общеорганизационные вопросы, так и прямые, например «используете ли вы энергосберегающие лампочки».

Группа «Студенты»

Основным источником информации об энергосбережении являются интернет и телевидение. 50% опрошенных проводят мероприятия по энергосбережению в домашних условиях. Учет электроэнергии ведут более 57% опрошенных, 47% и 42% соответственно используют энергопотребляющие приборы класса А и люминесцентные лампы. 65, 71% опрошенных не имеют дома теплосчетчиков, а еще 17,14% не знают ничего об их существовании. Из 35 опрошенных только 8 человек пытаются экономить и регулировать собственное энергопотребление и отмечают, что это действительно позволяет значительно сократить затраты на оплату энергии. Приборами энергопотребления класса «А» и выше пользуется лишь 25,71% опрошенных, 31% отказывается от них ввиду их высокой стоимости, а 42% не осведомлены о подобных

приборах. 68% не видят смысла в использовании регуляторов яркости света. Однако, несмотря на то что, многие мероприятия не проводятся, более 80% опрошенных ответили, что они были бы не против узнать больше об энергосбережении именно в быту, а также приобрести пусть более дорогостоящие, но энергоэффективные приборы.

Группа «Специалисты-энергоаудиторы»

В группе «специалисты» ситуация иная. 90% респондентов реализуют базовые мероприятия повышения энергетической эффективности в домашних условиях: осуществляют анализ показаний приборов учета, стараются рационализировать использование искусственного освещения и т.д. Однако у большинства опрошенных не установлены регуляторы работы радиаторов отопления в квартирах, как и у респондентов группы «студенты», что сокращает возможности по энергосбережению. 60% опрошенных заявили, что не готовы кардинально сокращать потребление ресурсов, и лишь 40% заявили о своей готовности снижать потребление энергии в домашних условиях, поскольку затраты на оплату электрической и тепловой энергии составляют достаточно значительную часть их семейного бюджета. Около 70% специалистов считают, что информационная поддержка населения в сфере энергосбережения в быту просто необходима и поможет сдвинуть работу по интенсификации энергосберегающих мероприятий в сфере ЖКХ с мертвой точки.

Проведенное авторами исследование показывает, что в отношении потребителей необходим адресный подход, поскольку различные сегменты бытовых потребителей по-разному реагируют на информационно-агитационные акции и имеют свой уровень заинтересованности.

Формирование целевых групп воздействия в сфере энергопотребления в быту. С учетом вышеописанного психологического аспекта при работе с бытовыми потребителями, особую роль играет методология.

Условно целевую аудиторию рекламы энергосбережения можно подразделить на следующие сегменты: дети (с 3 до 15 лет); взрослые: по уровню дохода на одного члена семьи: ниже среднего по экономике, вышесреднего по экономике; по гендерному признаку: мужчины, женщины; пожилые люди (старше 65 лет).

Наиболее широким является сегмент «взрослые», это, как правило, женщины и мужчины в возрасте от 25-30 до 60 лет. Так как одним из факторов, сдерживающих распространение и массовое использование мероприятий по энергосбережению, является высокая стоимость энергоэффективных приборов, покупательная способность в данном случае имеет большое значение.

Разработка комплекса стимулирующих мероприятий и средств информационного воздействия на различные группы потребителей. Для проведения эффективной политики необходимо привлечение не только специалистов-энергетиков, но и специалистов широкого круга – психологов, социологов, маркетологов.

На базе подобных центров, с учетом индивидуальных особенностей каждого из сегментов бытового потребления предполагается реализовать комплекс стимулирующих мероприятий.

Разработаны рекомендации для различных групп потребителей. В частности, для взрослых лучше всего, конечно, использовать коммерческую рекламу, которую возможно запускать в любое время суток, но преимущественно в обеденное [7].

Для взрослых с низким и средним уровнем дохода эффективна социальная реклама о расточительности. Например, рекламный ролик: «Экономьте энергию, накопите на путешествие». Для категории «взрослые» с высоким уровнем доходов используется только коммерческая реклама, причем эффективны будут те методы, где используется конкретика, без лишних слоганов и эмоций, где даются быстрые ответы на вопрос о качестве продукта и его незаменимости. Использование социальной рекламы возможно лишь случайно, неосознанно.

Описанные выше средства информационного воздействия программ энергосбережения являются лишь примером и, без сомнения, нуждаются в значительно более основательной доработке.

Среди путей решения проблемы мотивации бытовых потребителей к энергосбережению можно выделить: совершенствование законодательства, совершенствование способов оценки, а также методологии работы с потребителями. Эффективно работать с населением возможно при условии осуществления индивидуального подхода на базе сегментирования на целевые группы.

Таким образом, ориентируясь на активные слои населения, учитывая широкий спектр особенностей целевых групп возможно повысить эффективность реализации информационно-агитационных мероприятий, а таким образом уровень мотивации к энергосбережению бытовых потребителей.

Библиографический список

1. Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23 ноября 2009 года
2. Государственная программа Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года».

3. Богданов А. Б. Национальные показатели энергоэффективности России [Электронный ресурс] // Энергосбережение. – 2010 г. – № 5. – Режим доступа: http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4648.
4. Гужов С.В. Деятельность Департамента образования города Москвы в области пропаганды энергоэффективной модели поведения. Слайд-презентация
5. Коваль С.П. Стимулирование энергосбережения на Западе [Электронный ресурс] // Портал-энерго. – Режим доступа: <http://portal-energo.ru/articles/details/id/75>.
6. Проблемы повышения энергоэффективности. Меры по повышению энергоэффективности, ИТЦ Энергоэффект [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://energyeffect.net/index.php?id=25>.
7. Светло, тепло и экономно, PR-кампания Правительства Москвы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pragent.ru/public/pravmoscow299>.
8. Энергосбережение в системе ЖКХ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=419.
9. Отчет Всемирного банка «Энергоэффективность в России: скрытый резерв».

*А.В. Ленькова, асп.; рук. И.В. Долотовский, к.т.н.
(СГТУ имени Гагарина Ю.А., г. Саратов)*

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ УСТАНОВКА ЭНЕРГО- ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Системы энерго-, и водообеспечения современных строящихся промышленных предприятий базируются на первоначальном вводе на этапе начала строительства временной системы электроснабжения (как правило, с приводом от двигателей внутреннего сгорания), системы водоснабжения от естественных или подземных источников и временной водогрейной отопительной котельной (с последующим вводом паровых котлов для технологического теплоснабжения). На последующих этапах жизненного цикла предприятия осуществляется строительство систем энергообеспечения от внешних постоянных источников тепло - и электроснабжения или собственных источников (например ГТУ-ТЭЦ). На отдельных предприятиях, имеющих тепловые вторичные энергоресурсы (ВЭР), вводятся теплоутилизационные установки. Системы технологического водоснабжения формируются в настоящее время по разомкнутому циклу с минимальным возвратом стоков в технологический процесс.

На предприятиях нефте- газового комплекса, имеющих низкопотенциальные горючие отходы, существует проблема их утилизации, поскольку газы дегазации и стабилизации технологических потоков сжигаются в факельных системах с использованием товарного топливного газа.

В разработанной нами системе тепло- электро- водоснабжения (СТЭВС) предприятий (рисунок) достигается максимальная утилиза-

ция тепловых ВЭР и промышленных стоков, используются горючие отходы и реализуется концепция развития энергетического хозяйства – максимальная эффективность на всех этапах жизненного цикла предприятий – от начала строительства до вывода из эксплуатации [1, 2].

Повышенная ресурсоэнергоэффективность СТЭВС обеспечивается за счет полезного использования теплоты дымовых газов, выходящих из нейтрализатора 1, для генерации водяного пара в парогенераторе 2, и за счет использования теплоты высокотемпературного потока выхлопных газов, подаваемых на котел-утилизатор 4. Использование в качестве топлива на горелках нейтрализатора газовых и жидкофазных горючих отходов, подаваемых на газовый эжектор 16, обеспечивает снижение удельного потребления топлива на совместную выработку (когенерацию) электрической и тепловой энергии и водоснабжение. За счет термического обезвреживания на нейтрализаторе промстоков 1 дренажа, отсепарированной воды и воды промывки оборудования повышается экологическая безопасность предприятия (исключается загрязнение литосферы при подземном захоронении промышленных стоков).

Снижение затрат на водоснабжение обеспечивается использованием конденсата водяных паров в качестве рабочего тела паросилового блока, теплоносителя системы теплоснабжения и исходной воды системы хозяйственно-питьевого водоснабжения. Увеличение срока непрерывной работы СТЭВС по сравнению с существующей системой энерго- водообеспечения обусловлено высокой надежностью основного оборудования, комплектующего СТЭВС, не нуждающегося в замене или выводе в консервацию и используемого на всех этапах жизненного цикла предприятия.

Общая эффективность разработанной СТЭВС определена по многокритериальной методике оптимизации сложноструктурированного энергетического комплекса с использованием разработанной информационно-аналитической системы [3, 4], содержащей совокупность расчетно-информационных блоков, программных модулей [5–7], реляционную базу данных, и реализующей определение показателей энергетической эффективности предприятия с любой технологической структурой.

В качестве обобщенного критерия оптимальности СТЭВС принята так называемая функция «полезности», включающая ранжированные по степени значимости пять показателей технологической, энергетической, технико-экономической эффективности.

до малотоннажных предприятий широкого профиля и объектов аграрно-промышленного комплекса.

Технические решения по аппаратурному оформлению разработанной СТЭВС и режимам эксплуатации оборудования зависят от технологической топологии предприятия и требуют соответствующих расчетов, адаптированных к конкретным условиям жизненного цикла предприятия.

Технические решения по использованию СТЭВС применены при обосновании модернизации энергетического комплекса действующего газоперерабатывающего предприятия (ГПП). Рассмотрено три варианта системы, отличающиеся составом тепло- электрогенерирующего оборудования. В рассмотренных вариантах блок 3 (см. рисунок) представлен газотурбинными установками с выработкой электроэнергии для собственных нужд ГПП:

- 1) 3 турбины GT8C2, 3 котла КУ-93 (блок ГТУ), 3 турбины К-6-2,4;
- 2) 2 турбины V-64.3A и 2 котла КУ-120 (блок ГТУ), 2 турбины К-6-2,4;
- 3) 4 турбины GTX-100 и 4 котла КУ-60 (блок ГТУ), 2 турбины К-6-2,4.

Сопоставительный анализ показателей рассмотренных вариантов, выполненный по разработанным программным модулям, позволил сделать вывод о целесообразности внедрения в структуру энергетического комплекса СТЭВС с составом оборудования первого варианта.

Аналогичным образом с использованием методики многокритериального анализа и авторского программного обеспечения определяется эффективность внедрения СТЭВС в структуру энергетического хозяйства любого предприятия с различной технологической структурой.

Реализация технических решений по внедрению разработанной установки осуществляется поэтапно: разрабатываются варианты технологических схем; осуществляется режимная и параметрическая оптимизация оборудования и системы в целом; разрабатывается техническое задание на проектирование системы; выполняется адаптация проекта для различной технологической топологии предприятий. Срок реализации технических решений по модернизации энергетического хозяйства предприятия с использованием разработанной установки составляет 2,5 года.

Библиографический список

1. Пат. № 118360 РФ, МПК F01K 17/02. Установка электро- тепло- водоснабжения предприятий добычи, транспорта и переработки углеводородного сырья/ Долотовский И.В. – № 2012109097/06, заявл. 11.03.2012; опубл. 20.07.2012, Бюл. № 20. – 2 с.
2. Пат. № 114424 РФ, МПК B01D 53/96, B01D 53/26. Установка регенерации абсорбента с термической утилизацией горючих отходов/ И.В. Долотовский, А.В. Ленькова – № 2011148186/05; заявл. 25.11.2011; опубл. 27.03.2012, Бюл. № 9. – 2 с.

3. Пат. № 2465639 РФ, МПК G06F 17/00. Информационно-аналитическая система нормирования и оптимизации выработки и потребления топлива и энергоносителей на предприятии/ И.В. Долотовский, Е.А. Ларин, Н.В. Долотовская. - № 2011147445, заявл. 22.11.2011; опубл. 27.10.2012, Бюл. № 30. – 14 с.

4. Система «Энергоресурс»: программа для ЭВМ № 2010615353/ И.В. Долотовский, Е.А. Ларин, Н.В. Долотовская. – № 2010613798; заявл. 29.06.2010; опубл. 20.08.2010.

5. Огневой трубный испаритель: программа для ЭВМ № 2012612728/ И.В. Долотовский, Н.В. Долотовская, А.В. Ленькова. – № 2012610297; заявл. 17.01.2012; опубл. 16.03.2012.

6. Теплообменник кожухотрубный: программа для ЭВМ № 2012613266/ И.В. Долотовский, А.В. Ленькова. – № 2012611238; заявл. 21.02.2012; опубл. 06.04.2012.

7. Программный комплекс «Аппараты воздушного охлаждения»: программа для ЭВМ № 2012613267/ И.В. Долотовский, А.В. Ленькова, Н.В. Долотовская. – № 2012611239; заявл. 21.02.2012; опубл. 06.04.2012.

*Е.А. Марковский, студ.; рук. И.А. Кабанова уч. степень к.т.н., доц.
(НИУ МЭИ (СФ), г. Смоленск)*

ЭКСПЕРТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦЕНТРАЛЬНЫХ СКВ

Применение систем кондиционирования требует создания относительно сложных устройств, оказывающих значительное влияние на стоимость строительства и эксплуатационные расходы. В связи с этим технико-экономическая оценка систем кондиционирования становится неотъемлемой частью процесса проектирования здания. Особую важность данный фактор приобретает для промышленных объектов по причине ограниченности ресурсов и стремления максимально эффективно использовать производственные возможности при минимизации затрат. Кроме перечисленных причин следует учесть и тарифы на тепловую и электрическую энергию, имеющие устойчивую тенденцию к росту в последнее время.

В рамках данной научной работы была проанализирована эффективность СКВ с применением рециркуляции и прямоточной системы кондиционирования (рис. 1).

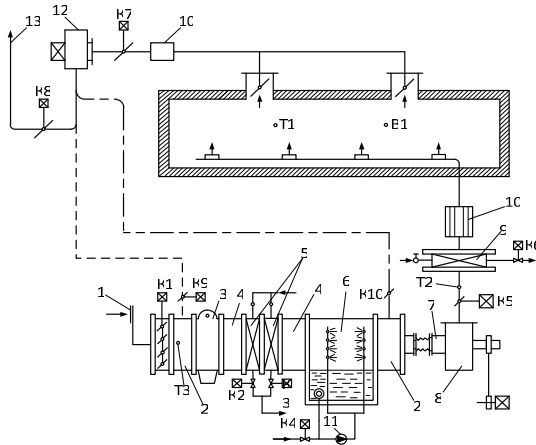


Рис. 1. Принципиальная схема центральной однозональной прямоточной СКВ. 1 - воздухозаборное устройство; 2 - смесительная камера; 3 - фильтр; 4 – камера обслуживания; 5 - секции калориферов первого подогрева; 6 - оросительная камера; 7 - направляющий аппарат; 8 - приточный вентилятор; 9 - секции калориферов второго подогрева; 10 - шумоглушители; 11 - насос; 12 - вытяжной вентилятор; 13 - воздуховод; К - клапан; Т - терморегулятор; В - влагорегулятор.

На рис. 1 сплошными линиями показана подача наружного воздуха, штриховыми и штрихпунктирными линиями – воздуховоды первой и второй рециркуляции соответственно.

Эксергетический анализ систем аналитическими методами можно проводить как по размерным так и по безразмерным показателям. В первом случае преимущества эксергетической оценки систем кондиционирования состоят в простоте получения результата и его взаимосвязи с технико-экономическими характеристиками системы, дающими возможность проведения термoeкономического анализа. В качестве размерного показателя обычно используются полные затраты эксергии на функционирование системы. В некоторых случаях целесообразно оценивать систему по удельным затратам эксергии.

При этом стоит отметить, что при проведении анализа по размерным показателям производится оценка полных затрат эксергии в рассматриваемой системе, что позволяет провести сравнение при относительно небольшом количестве вычислений [1].

В качестве основного параметра оценки энергоэффективности системы при использовании безразмерных показателей используется эксергетический КПД. В работе рассмотрен метод расчета эксергетического КПД, основанный на определении отношения получаемого полезного эффекта e_e^n к затраченной эксергии e_e^3 :

$$z_{\text{экс}} = Y e_e^n / Y e_e^3$$

При определении удельной эксергии потока воздуха необходимо учитывать механическую, термическую и влажностную составляющие [2]:

$$e_e = e_e^M + e_e^m + e_e^g,$$

где e_e^M – механическая составляющая эксергии потока воздуха, кДж/кг; e_e^T – термическая составляющая эксергии потока воздуха, кДж/кг; e_e^M – влажностная составляющая эксергии потока воздуха, кДж/кг

$$e_e^M = T_{o.c} \cdot R_n \cdot (0,622 + d_e) \cdot \ln \left(\frac{p_e}{p_{o.c}} \right),$$

$$e_e^m = T_{o.c} \cdot (c_{p.c} + d_e \cdot c_{p.n}) \cdot \left(\frac{T_e}{T_{o.c}} - 1 - \ln \frac{T_e}{T_{o.c}} \right),$$

$$e_e^g = T_{o.c} \cdot R_n \cdot \left[(0,622 + d_e) \cdot \ln \frac{0,622 + d_{o.c}}{0,622 + d_e} + d_e \cdot \ln \frac{d_e}{d_{o.c}} \right],$$

где T_e и $T_{o.c}$ – температуры потока воздуха и окружающей среды, К; $c_{p.c}$ и $c_{p.n}$ – средняя удельная изобарная теплоемкость сухого воздуха и водяного пара, кДж/(кг·К); d_e , $d_{o.c}$ – влагосодержание воздуха и окружающей среды, кг вод. пар./кг сух. возд.; R_n – газовая постоянная водяного пара, кДж/(кг·К); p_e , $p_{o.c}$ – полное давление потока воздуха и окружающей среды, кПа.

Эксергетический анализ систем кондиционирования позволяет определить целесообразность применения различных видов СКВ для получения заданных параметров воздушной среды на рассматриваемом объекте, либо оценить эффективность работы какого-либо элемента рассматриваемой системы в сравнении с остальными элементами.

Результаты анализа потоков эксергии для трех рассматриваемых систем сведены в таблицу 1. Данные результаты свидетельствуют о высокой эффективности СКВ с применением рециркуляции воздуха по отношению к прямоточным.

Исходя из полученных результатов, наибольший прирост энергетической эффективности СКВ обеспечивается одновременным применением первой и второй рециркуляции, в то время как использование только первой рециркуляции обеспечивает незначительный прирост $z_{\text{экс}}$.

Таблица 1. Эксергетический КПД рассматриваемых СКВ

Вид системы	Эксергетический КПД ($\xi_{\text{экс}}$), %	
	Теплый период	Холодный период
Прямоточная СКВ	19,09	33,91
СКВ с первой рециркуляцией	19,41	34,73
СКВ с первой и второй рециркуляцией	46,36	69,61

В таблице 2 представлены результаты расчета эксергетических КПД для основных элементов рассматриваемых систем кондиционирования: 1 – прямоточная СКВ, 2 – СКВ с первой рециркуляцией, 3 – СКВ с первой и второй рециркуляцией.

Таблица 2. Эксергетический КПД элементов СКВ

Элементы системы	Эксергетический КПД ($\xi_{\text{экс}}$), %					
	Теплый период			Холодный период		
	1	2	3	1	2	3
Вентилятор	73,66	78,76	88,10	82,13	65,95	83,80
Камера смешения 1	-	28,54	22,94	-	32,45	42,26
Камера смешения 2	-	-	73,25	-	-	44,99
Оросительная камера	31,14	30,81	30,28	59,61	79,76	80,03
Воздухонагреватель 1	-	-	-	94,48	92,11	92,34
Воздухонагреватель 2	90,70	77,14	-	87,75	48,34	85,39

Из проведенных расчетов следует, что для рассмотренной прямоточной СКВ элементом, нуждающимся в улучшении более других, является оросительная камера. В рециркуляционных системах наибольшие потери эксергии вызывает обработка воздуха в процессе его смешения после первой рециркуляции. Потери эксергии в остальных узлах не столь существенны. Но при этом использование рециркуляции позволяет увеличить общую эффективность системы как в теплый, так и в холодный период.

При осуществлении эксергетического анализа СКВ следует принимать во внимание то, что основная сложность состоит в выражении полезного эффекта в единицах эксергии, так как полезным эффектом систем кондиционирования являются комфортные или заданные из технологических соображений условия в помещении [3]. Одни и те же комфортные условия могут быть достигнуты при различных параметрах приточного воздуха, и, следовательно, разным полезном эффекте. Таким образом, использовать данный показатель можно для систем с одинаковыми параметрами приточного воздуха или для различных

конструкций какого-либо узла системы независимо от эффективности работы системы в целом, что позволяет выявить элемент системы, наиболее остро нуждающийся в совершенствовании.

Библиографический список

1. **Бродянский В.М.** Эксергетический метод и его приложения. М.: Энергоатомиздат. 1988.
2. **Бродянский В.М.** Эксергетические расчеты технических систем. Киев: Наукова думка. 1991.
3. **Стефанов Е.В.** Вентиляция и кондиционирование воздуха. СПб.: АВОК северо-запад. 2005.

*А.В. Николаев, студ.; рук. Т.С. Любова к.ф.м.н., доц.
(филиал МЭИ, г. Смоленск)*

АНАЛИЗ ЭНЕРГОРЕСУРСΟΣБЕРЕЖЕНИЯ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ПРИ УСТАНОВКЕ КОНЦЕНТРАТОРА ШЛАМА ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ПЕЧИ

Проблема оптимизации производства цементного клинкера во вращающихся печах является одним из актуальных вопросов энергосбережения. Изучение данного вопроса подтверждает острую необходимость изыскания наиболее эффективных энергосберегающих мероприятий и разработок новых технических решений для их реализации.

Вращающиеся печи являются сложными технологическими агрегатами, представляющими собой одновременно физико-химический реактор и топочную камеру. В этих печах протекают взаимосвязанные механические, химические, газодинамические, тепловые и другие процессы [1]. Большая мощность, крупные габариты, высокие температуры, вращение печи усложняют исследования перечисленных процессов в реальных производственных условиях.

Производство цемента требует значительного количества энергии, затраты на энергетические носители составляют примерно 30-35% себестоимости конечного продукта. Поэтому поиск технологических решений способствующих наиболее экономичному использованию энергоресурсов во вращающейся печи является первостепенной задачей. В целях определения энергосберегающих мероприятий был проведен анализ работы вращающейся печи с размерами 135x4,5 м, работающей на газу Тюменского месторождения.

Расчет теплового баланса позволил определить основные статьи расхода. Из их анализа можно сделать вывод, что больший расход теп-

лоты идет на испарение воды из сырьевой смеси (24,59%), потери теплоты с уходящими газами (14,77%) и потери теплоты с клинкером, покидающим печь (13,07%).

Ряд энергосберегающих мероприятий должен быть направлен на снижение тепловых потерь. Потери от влажности шлама являются параметром, наиболее сильно влияющим на расход топлива

Из позонного расчета теплового баланса видно, что наибольшие потери на испарение воды и потери через корпус печи происходят в зоне испарения длиной 42,26 м.

Применение концентраторов шлама имеет целью интенсифицировать процесс испарения влаги шлама и при прочих равных условиях уменьшить длину вращающихся печей. В этом случае внутри печей отсутствует зона испарения с навеской цепей, поскольку она заменяется запечным концентратором, а относительная длина корпуса сокращается до предела.

Испарение влаги в концентраторах шлама происходит за счет тепла отходящих газов.

При благоприятных условиях при помощи концентраторов удастся влажность шлама, поступающего в печь, снизить с 36-40 до 10-20 % [2].

При проходе через концентратор отходящие газы передают шламу значительную часть заключенного в них тепла. При этом повышается тепловой КПД печи и возрастает ее производительность.

Положительными качествами концентраторов являются также их относительно небольшой вес, малая стоимость и то, что при оборудовании печи концентратором устраняется необходимость встраивания в ее внутреннюю полость теплообменных устройств, что в некоторой степени облегчает ее эксплуатацию.

Сравнительный анализ материальных и тепловых балансов рассматриваемой печи до и после установки концентратора шлама показал, что установка концентратора позволила увеличить производительность печи с одновременным снижением расхода топлива на 30,8 %. Потери тепла на испарение влаги при этом уменьшились на 14,27%, а потери с уходящими газами на 2,35%. Потери в окружающую среду через корпус печи снизились на 1,11%.

Для данной вращающейся печи был подобран концентратор шлама с габаритами: диаметр барабана 6 м, длина барабана 5,5 м, расчетная скорость движения газового потока 4 м/с. Установка данного концентратора позволяет снизить влажность шлама с исходной 34,2% до 16,72%.

При работе печи с концентратором шлама значительно возрастает вынос из нее сырьевой смеси, поэтому при установке концентратора печь одновременно должна оборудоваться многоступенчатыми обеспыливающими установками для очистки уходящих газов и соответствующими механизмами для возврата уловленной пыли в печь.

Библиографический список

1. Лисиенко В.Г., Щелоков Я.М. Вращающиеся печи: теплотехника, управление и экология. М.: Теплотехник. 2004.
2. Воробьев Х.С., Мазуров Д.Я. Теплотехнические расчеты цементных печей и аппаратов.-М: Высш. Шк., 1962-352 с.

*Панков А. С., студ.; рук. Кабанова И. А., к.т.н., доц.
НИУ МЭИ (СФ), г. Смоленск*

ПРИМЕНЕНИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ УСТАНОВОК НА ПРОИЗВОДСТВЕ

В настоящее время на производствах, потребляющих одновременно и тепло и холод, одним из актуальных путей энергосбережения является применение комбинированных установок (КУ), совмещающих в функциональном назначении холодильную машину и тепловой насос.

Наиболее широкое применение данные установки получили в сельском хозяйстве, химической и пищеперерабатывающей промышленности. Кроме того эффективным оказалось применение КУ в системах совместного отопления и кондиционирования зданий [1].

Высокий спрос на данный вид установок обусловлен рядом факторов. В отличие от обычного холодильного цикла, в КУ теплота отбирается в конденсаторе при существенно более высокой температуре, чем температура окружающей среды. Поэтому охлаждающая вода может достигать на выходе из конденсатора температур, достаточных для обеспечения различных нужд теплоснабжения, вплоть до горячего водоснабжения.

Кроме того комбинированная установка может работать как обыкновенная холодильная машина, не производя тепла. При необходимости комбинированного производства включается дополнительный теплообменный аппарат. Таким образом обеспечивается функция одновременного тепло- и хладоснабжения. Дополнительное охлаждение хладагента после основных компрессоров позволяет получить более высокую холодопроизводительность. Также обеспечивается энергосберегающий эффект: экономия воды в оборотных системах охлаждения. [2].

Для определения степени эффективности применения КУ в реальных условиях была рассмотрена пластинчатая пастеризационно-охладительная установка А1-ОКЛ-3, предназначенная для нагрева молока и молочных продуктов в непрерывном тонкослойном закрытом потоке молока за короткий период времени, пастеризации и последующего охлаждения после кратковременной выдержки (рис. 1). Технологический процесс тепловой обработки молока автоматизирован, что обеспечивает высокие санитарно-гигиенические условия производства, исключает выход непастеризованного молока и предотвращает его перегрев.

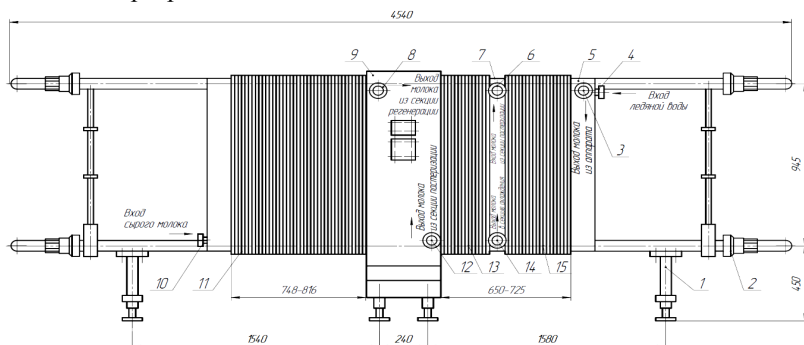


Рис. 1. Пластинчатая пастеризационно-охладительная установка А1-ОКЛ-3

1 – ножка; 2 – зажимной механизм; 3 – штуцер выхода молока из аппарата; 4 – штуцер входа ледяной воды; 5 – нажимная плита; 6 – штуцер входа молока в секцию регенерации; 7 – разделительная плита; 8 – штуцер выхода молока в секцию регенерации; 9 – станина; 10 – штуцер выхода сырого молока; 11 – секция регенерации; 12 – штуцер выхода молока в секцию пастеризации; 13 – секция пастеризации; 14 – штуцер выхода молока в секцию охлаждения; 15 – секция охлаждения

Пластинчатый аппарат установки марки А1-ОКЛ-3 имеет три секции: регенерации, пастеризации и охлаждения. В аппарате используется теплообменная пластина типа АГ-2 с поверхностью теплообмена 0,2 м.

Для расчетов принят конструктивный вариант установки с параметрами, указанными в табл. 1.

Таблица 1. Технические характеристики установки

Наименование	Ед.изм.	Величина
Производительность	л/ч	3000
Температура:		
продукта на входе в аппарат		5
пастеризации молока	°С	81
охлаждения молока		2
ледяной воды		1
Время выдержки молока при пастеризации	сек	25
Давление:		
ледяной воды		0,1
греющего пара	МПа	0,15
рабочее в аппарате		0,15
Поверхность теплообмена пластины	м ²	0,2
Число пластин	шт.	76
Габаритные размеры	мм	3700x3530x2500
Занимаемая площадь	м ²	13,1
Масса установки	кг	2000

В рамках научно-исследовательской работы рассмотрен вариант замещения секций пастеризации и охлаждения пастеризационной установки А1-ОКЛ-3 комбинированной установкой. Для дальнейшего термодинамического анализа был задан требуемый по технологии пастеризации диапазон температур испарения и конденсации: $T_{и} = -15^{\circ}\text{C}$ и $T_{кд} = 81^{\circ}\text{C}$. Средняя разность температур: конденсирующегося рабочего тела и нагреваемой воды в конденсаторе $\Delta T_{кд} = 5^{\circ}\text{C}$; охлаждаемого объекта и кипящего рабочего тела в испарителе $\Delta T_{и} = 5^{\circ}\text{C}$. Внутренний (индикаторный) КПД: 0,8. Электромеханический КПД компрессора: 0,9. Методика определения эксергетических КПД КУ и КПД ХМ+ТН:

$$\eta_1 = (E_{\text{тепл}} + E_{\text{хол}}) / N_{\text{км}}^{\text{ку}} \quad (1)$$

$$\eta_2 = (E_{\text{тепл}} + E_{\text{хол}}) / (N_{\text{км}}^{\text{ху}} + N_{\text{км}}^{\text{тн}}) \quad (2)$$

где $E_{\text{тепл}}$, $E_{\text{хол}}$ – эксергетические холодопроизводительность и теплопроизводительность; $N_{\text{км}}^{\text{ку}}$, $N_{\text{км}}^{\text{ху}}$, $N_{\text{км}}^{\text{тн}}$ – мощности компрессора КУ, холодильной машины и теплового насоса.

Проведен расчет отдельно по секциям пастеризатора. По результатам расчета определена требуемая по технологии производства холодопроизводительность установки: $Q_0 = 32,09$ кДж/с.

В результате анализа термодинамических характеристик при работе установки с применением различных хладагентов был выбран фреон R134a. Данный хладагент полностью соответствует требованиям озонобезопасности.

По данным сравнительного анализа эксергетического КПД КУ и ХМ+ТН можно сделать вывод, что в рассматриваемом диапазоне температур КУ является менее эффективной: отношение КПД составило 0,98 (табл. 2).

Таблица 2. Сравнение КУ с ХМ+ТН

ТН	ХМ	КУ			ТН+ХМ		31/32
Тн/Ткд, °С	Тн/Ткд, °С	Тн/Ткд, К	Нкм, кВт	31, %	Нкм, кВт	32, %	
40/81	1/40	10/81	84,87	36,95	51,52	37,84	0,98

Для получения положительного эффекта рассмотрена КУ с переохладителем [3]. Следует отметить, что применение дополнительного охлаждения увеличивает холодильный коэффициент и обеспечивает более высокую холодопроизводительность. Охлаждение производится за счет внешнего источника с более низкой температурой (артезианская вода). Принимаемая конечная разность температур в испарителе: $\Delta t_0 = 5^\circ\text{C}$.

По результатам расчетов отношение эксергетических КПД в случае применения переохлаждения составило 1,03 (табл. 3).

Таблица 3. Применение переохлаждения

ТН	ХМ	КУ			ТН+ХМ		31/32
Тн/Ткд, °С	Тн/Ткд, °С	Тн/Ткд, К	Нкм, кВт	31, %	Нкм, кВт	32, %	
40/81	1/40	10/81	84,88	38,81	51,52	37,84	1,03

Одним из вариантов повышения эффективности работы КУ является регенерация. В целях сравнения рассмотрена регенеративная КУ со степенью регенерации 0,7.

По итогам расчета отношение эксергетических КПД составило 1,08 (табл. 4).

Таблица 4. Применение регенерации

ТН	ХМ	КУ			ТН+ХМ		31/32
Тн/Ткд, °С	Тн/Ткд, °С	Тн/Ткд, К	Нкм, кВт	31, %	Нкм, кВт	32, %	
40/81	10/40	1/81	90,72	40,66	51,52	37,84	1,08

Следует отметить, что результат расчета эффективности применения КУ с переохлаждением, регенеративной КУ в высокой степени зависит от температуры конденсации $T_{кд}$. Изначально по требованиям производства данная температура составила 81°C .

В целом, для повышения эффективности замещения раздельного производства комбинированным можно рекомендовать понизить температуру конденсации до 60°C.

Это позволит по результатам предварительной оценки повысить эффект замены комбинированной установкой на 14%. Последующий догрев до требуемых производством величин возможно осуществить за счет систем ГВС.

Библиографический список

1. **Бурцев С.И., Иванов О.П.** Холодильная техника. Свойства веществ. Санкт-Петербург: Наука. 1999.
2. **Везиришвили О.Ш., Меладзе В.Н.** Энергосберегающие теплонасосные системы тепло- и хладоснабжения. М.: МЭИ. 1994.
3. **Пуранов О.А.** Холодильная техника и технология. М.: Лидер. 2004.

*А.А. Рогова, асп.; рук. В.С. Агабабов, д.т.н., проф.
(ФГБОУ ВПО «НИУ «МЭИ», г. Москва)*

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ БЕСТОПЛИВНЫХ ТРИГЕНЕРАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Вопросы, посвященные технологиям, реализующим одновременную генерацию электроэнергии, теплоты и холода (тригенерационным технологиям), становятся все более актуальными. В научной литературе появляется информация о новых схемах и способах работы тригенерационных установок. Однако объективная информация о рынках тригенерационных установок и их востребованности отсутствует.

Авторами было проведено исследование перспектив развития бестопливных тригенерационных технологий. География исследований включала в себя Российскую Федерацию и частично страны бывшего СССР, горизонт проведенных исследований – до 2030 года.

При проведении исследований использовались аналитические методы, включающие в себя сбор, обработку и анализ информации относительно тригенерационных технологий, рынков продукции тригенерационных установок, потребителей электроэнергии, теплоты и холода, поставщиков оборудования.

По результатам исследований был сделан вывод о высоком потенциале развития бестопливных тригенерационных технологий в сферах энергетики и газовой промышленности. Общая потенциальная мощность основы бестопливных тригенерационных установок – детандергенераторных агрегатов (ДГА) – в электроэнергетике составляет

1 200 МВт, на объектах газовой промышленности – 705 МВт. В целом потенциальная мощность ДГА в стране составляет 1 905 МВт. Эта мощность позволит обеспечить до 0,9 % общего потребления электроэнергии в России в 2030 году.

Продукция тригенерационных установок – электроэнергия, тепло, холод – в рамках горизонта исследования будет пользоваться спросом. При этом ожидается, что потребность в электроэнергии на территории России к 2030 году вырастет в 1,5 раза, а потребность в теплоте – в 1,4 раза [1].

Отпуск электроэнергии от тригенерационных установок целесообразно осуществлять в следующие энергозоны на территории Российской Федерации: ОЭС Северо-Запада, ОЭС Центра, ОЭС Средней Волги, ОЭС Юга, ОЭС Сибири, ОЭС Урала, энергозону Востока; в страны ближнего зарубежья: Финляндию, страны Балтии, Польшу и Литву.

Библиографический список

1. Сценарные условия электроэнергетики на период до 2030 года [Электронный ресурс] // ЗАО «АПБЭ»: сайт. – URL: <http://www.e-apbe.ru/scheme/> (Дата обращения 04.07.2012)

*А.С. Руденя, аспирант; рук. М.М. Олешкевич., к.т.н, доцент
(БНТУ, г. Минск)*

ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МЯСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Энергетический потенциал экономики и энергоэффективность в современном мире служат важными показателями уровня развития государства. Энергетика Беларуси является ключевой, жизнеобеспечивающей системой, базовым элементом, гарантирующим целостность и эффективность работы экономики всей страны. От энергетической составляющей в значительной степени зависят стоимость производимой продукции, возможность ее экспортирования, а значит, доходы предприятий и материальное благосостояние общества.

Последние годы в результате подъема экономики происходит постепенное увеличение потребление электроэнергии. При этом с учетом реализации организационно-технических энергосберегающих меро-

приятый на всех стадия производства, транспортировки и потреблением энергоносителей обеспечен прирост ВВП практически без суммарного прироста потребления топливно-энергетических ресурсов, сдерживание темпов роста электропотребления.

Одним из основных условий обеспечения энергетической безопасности на предприятиях мясной промышленности остается повышение энергоэффективности, использование возобновляемых источников энергии. С этой целью вводятся в эксплуатацию мини-ТЭЦ, работающие на местных топливно-энергетических ресурсах, современные энергоэффективные технологии, а также начато внедрение альтернативных источников электроэнергии.

Солнечные электростанции являются одним из источников возобновляемой энергии. Республика Беларусь находится на той же широте, что и многие страны Европы, у нас, приблизительно, одинаковое количество солнечных часов и он довольно длителен – 1850 часов в год. Плотность потока в такие дни равен 0,80 кВт/кв.м. Даже в дни сплошной низкой облачности, стоявшие в зимние месяцы, плотность потока солнечного облучения равен 0,20 кВт/кв.м. В зависимости от сложности проекта минимальная стоимость 1 кВт мощности будущего энергоисточника равен приблизительно 2000-2400 долларов. Вышеперечисленные показатели свидетельствуют о возможности развития солнечной энергетики в Беларуси. [1]

Проанализировав архитектурные сооружения предприятий мясной промышленности Республики Беларусь, необходимо отметить, что большинство из них имеют крыши с большой площадью. Из этого следует, что, установив солнечные батареи на зданиях, предприятия смогут обеспечить себя большей частью потребляемой электроэнергии.

Внедрение солнечной электростанции на предприятие мясной промышленности позволит экономить затраты на электроэнергию, в результате чего это приведет к снижению себестоимости выпущенной продукции и улучшить их финансовое состояние.

Библиографический список

1. Олешкевич М.М. Нетрадиционные источники энергии: Учебно-методическое пособие для студентов высших учебных заведений специальности 1 43 01 03 «Электроснабжение»– Мн.: БНТУ 2007.-157 с.

А. А. Соловей, студ.; рук. Д. С. Безносова, к.т.н
(НИУ «МЭИ», г. Москва)

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В РОССИИ ЗА СЧЕТ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ ВЛАЖНЫХ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ

Для оценки валового потенциала энергосбережения за счет утилизации теплоты влажных отходящих газов в различных отраслях экономики России был произведен расчет суммарных энергетических потерь с низкпотенциальной теплотой влажных отходящих газов в промышленности, сельском и жилищно-коммунальном хозяйстве России.

Для расчетов использовались удельные значения потерь теплоты с отходящими газами и вентиляционными выбросами, приходящиеся на единицу продукции или площади помещений (см. таблицу) и показатели интенсивности источников за 1990–2010 гг. из базы данных [1], сформированной на основе информации [2].

Таблица 1. Удельные значения потерь теплоты q с влажными отходящими газами и вентиляционными выбросами из различных источников и возможная доля утилизации $K_{\text{т}}$ [3-6]

Источник	Показатель интенсивности	единицы измерения	q , ГДж/ед.	$K_{\text{т}}$
Сжигание топлива в теплоэнергетике:				
природного газа	Объем сжигания	т у.т.	4,7	0,5
мазута	Объем сжигания	т у.т.	3,8	0,1
каменного угля	Объем сжигания	т у.т.	3,2	0,1
бурого угля	Объем сжигания	т у.т.	6,7	0,1
Вентиляционные выбросы в ЖКХ:				
жилых зданий ¹	Площадь жилфонда	м ²	0,15	0,1
бассейнов ¹	Количество	Шт.	2200	0,7
бань ¹	Число мест	место	2,6	0,7
прачечных	Масса белья	т	0,7	0,7
Переработка бытовых отходов	Объем сжигания	т	8	0,5
Производство промышленной продукции:				
целлюлозы	Объем производства	т	18	0,5
бумаги и картона	Объем производства	т	11	0,5
пиломатериалов	Объем производства	м ³	0,1	0,5
клееной фанеры	Объем производства	м ³	6,5	0,5
цельномолочной продукции	Объем производства	т	0,15	0,5

сахара-песка	Объем производст- ва	т	1,3	0,5
хлебобулочных изделий	Объем производст- ва	т	3,0	0,5
Сушка зерна	Объем производст- ва	т	0,3	0,3

За год

Полученные оценки представлены на рисунках 1–4.

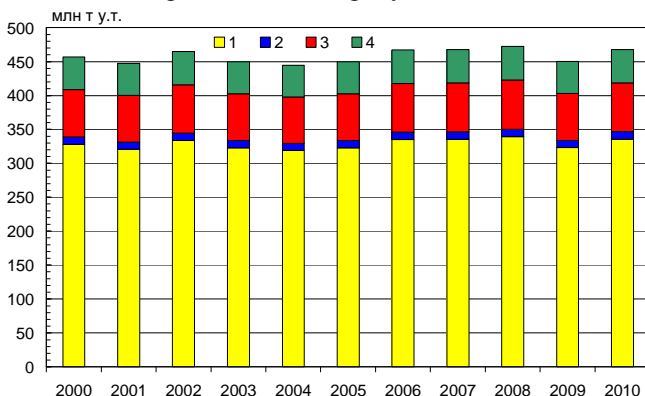


Рис. 1. Энергетические потери с отходящими газами при сжигании топлива в теплоэнергетике России; природного газа (1), мазута (2), каменного (3) и бурого (4) угля

Потери с отходящими газами теплоэнергетических установок (включая скрытую теплоту) достигают в масштабах страны 75 млн т у.т (рис. 1), примерно 2/3 этого объема связано со сжиганием природного газа.

Как видно из рис. 2, валовой потенциал энергосбережения за счет утилизации теплоты влажных отходящих газов в промышленности и сельском хозяйстве России достигает 10 млн т у.т., большая часть которого (до 70%) сосредоточена в целлюлозно-бумажной промышленности. Доли сельского хозяйства, деревообрабатывающей и пищевой промышленности примерно равны и составляют около 10% для каждой отрасли.

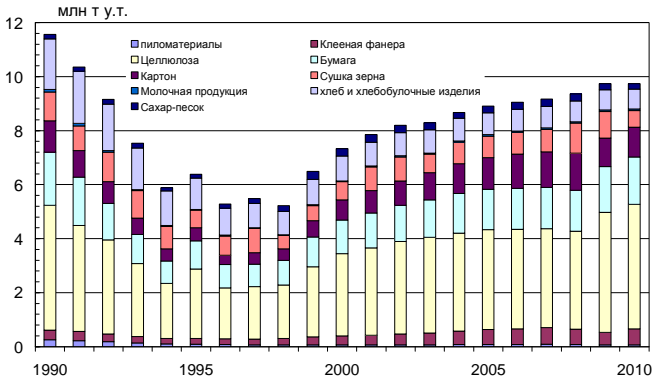


Рис. 2. Энергетические потери с низкопотенциальной теплотой влажных отходящих газов в промышленности и сельском хозяйстве России

Значительные энергетические потери связаны с вентиляционными выбросами жилых зданий. В связи с трудностями их утилизации в настоящей работе рассмотрены только многоэтажные здания, энергетические потери с низкопотенциальной теплотой вентиляционных выбросов которых представлены на рис. 3. Для страны в целом теоретический потенциал энергосбережения в жилищном хозяйстве примерно в 1,5 раза превышает промышленный.

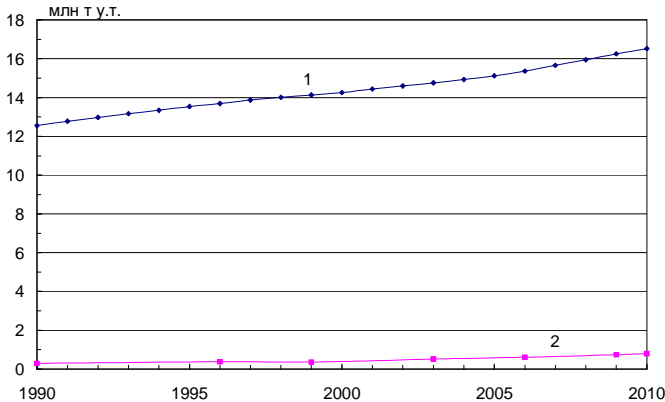


Рис. 3 — Энергетические потери с низкопотенциальной теплотой вентиляционных выбросов жилого фонда (1) и источников повышенной влажности (бани, прачечные, бассейны, переработка ТБО) (2) в ЖКХ России

Как видно из рис. 3, потери теплоты с вентиляционными выбросами бань, прачечных и бассейнов, а также отходящими газами мусоросжигательных заводов составляют 5-15% от аналогичных показателей жилого фонда, причем большую часть составляют потери при сжигании ТБО. Вклад вентиляционных выбросов бассейнов заметен только в наиболее развитых регионах, однако его доля растет по мере развития спортивной индустрии на фоне снижения спроса на коммунально-бытовые услуги.

Сводная оценка технического потенциала энергосбережения за счет утилизации низкопотенциальной теплоты отходящих газов и вентиляционных выбросов в отраслях экономики в Российской Федерации (по состоянию на 2010 г.), сделанная с учетом возможности реализации энергосберегающих мероприятий на основе современных технологий (см. таблицу), представлена на рис. 4.

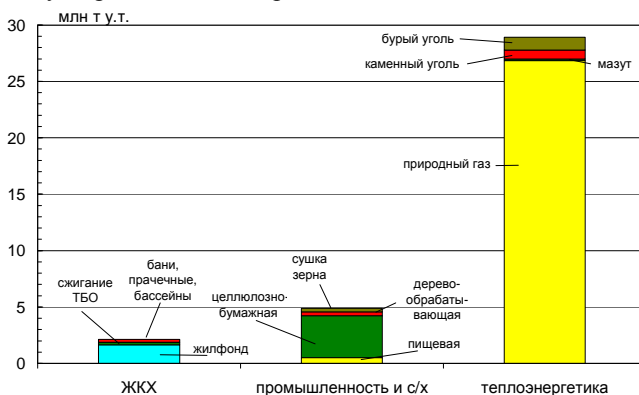


Рис. 4. Потенциал энергосбережения за счет утилизации низкопотенциальной теплоты отходящих газов и вентиляционных выбросов в отраслях экономики России

Как показывают расчеты, основные возможности экономии энергии связаны с утилизацией теплоты дымовых газов в теплоэнергетике, эффект которой в масштабах России может составить до 30 млн т у.т. в год. Потенциал энергосбережения в промышленности, сельском хозяйстве и ЖКХ страны достигает 7 млн т у.т., большая часть которого сосредоточена в жилом и общественном фонде, а также в целлюлозно-бумажной промышленности.

Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. при финансовой поддержке гранта Президента РФ (проект МК-11-0831)

Библиографический список

1. Терешин А. Г., Соловей А. А., Безносова Д. С. База данных источников и потребителей низкопотенциальной теплоты влажных газов «GEPL - Wet Gases Utilization». Св-во о гос.рег. № 2012621418 от 13.12.2012 г.
2. Федеральная служба государственной статистики. Центральная база статистических данных. <http://www.gks.ru>
3. Горяев А. Б. Совершенствование методов расчета аппаратов и установок для глубокой утилизации теплоты влажных газов и разработка мер по повышению эффективности ее использования. Автореф. дисс.... докт. техн. наук. М.: МЭИ, 2010.
4. Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети. М. Изд-во МЭИ, 2001.
5. Штокман Е. А. Вентиляция, кондиционирование и очистка воздуха на предприятиях пищевой промышленности. М. АСВ, 2001
6. Данилов О. Л., Горяев А. Б., Яковлев И. В. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях. М.: Изд. Дом МЭИ, 2011.

*М.Ж. Сулейманов, к.т.н.; рук. О.С. Попель, д.т.н.
(ОИВТ РАН, г. Москва)*

НАТУРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ АККУМУЛЯЦИОННОГО ИЗ ТЕПЛОСТОЙКИХ ПЛАСТМАСС

Повышение спроса на солнечные водонагревательные установки (СВУ) и рост предложений таких установок от различных производителей, в том числе зарубежных, делает актуальным обеспечение потребителей объективной информацией об эффективности их использования в российских климатических условиях[1]. В данной работе на примере разработанной в ОИВТ РАН совместно с ООО «Политермо» СВУ аккумуляторного типа, изготовленной из полимерных и композитных материалов представлено краткое описание методики и результатов испытаний СВУ в условиях г. Москвы, а также продемонстрировано как результаты испытаний могут быть использованы для предсказания эффективности ее работы в отличных от места и времени испытаний условиях.

Общий вид экспериментального образца СВУ приведена на рис. 1. Габаритная площадь установки – около 1,5 м². Стеклопластиковый корпус СВУ состоит из пяти объединённых между собою секций, объёмом около 20 л каждая, т.е. ёмкость бака-аккумулятора составляет 100 л (около 66 л/м²). Тонкостенная (1 мм) поглощающая панель соединена герметично с корпусом. Прозрачное покрытие изготовлено из полиметилметакрилата методом термовакуумформования. Толщина воздушного зазора – 25 мм. Соединение прозрачного покрытия с корпусом – клеевое, с применением термостойкого полиуретанового клея, обладающего эластичностью для предотвращения растрескивания отформованного полиметилметакрилата. Тыльная сторона СВУ теплоизолирована вспененным материалом с добавками стекловолокна, теплоизоляция составляет единое целое с корпусом установки.

Применение полимерных материалов позволило снизить удельную массу СВУ до величины порядка 20 кг/м². Оценки показывают, что себестоимость установки при переходе на крупносерийное производство (более 5000 изделий в год) не превышает 7000 р., т.е. 120 евро/м², что в 3–5 раз ниже стоимости известных традиционных СВУ. Предварительные испытания подтвердили работоспособность установки при давлениях до 0,25 МПа, установка обладает достаточным запасом прочности для работы в безнапорных системах теплоснабжения.

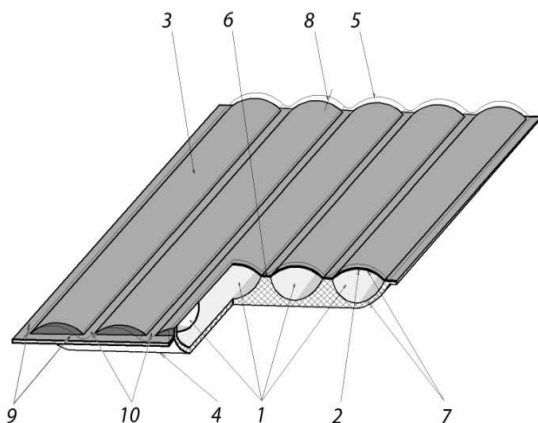


Рис.1. Экспериментальный образец СВУ из полимерных и композитных материалов
1 – аккумуляторная емкость, 2 – верхняя стенка, 3 – тепловоспринимающая поверхность, 4 – теплоизолированный корпус, 5 – прозрачное покрытие, 6 – плоские поверхности корпуса, 7 – герметичная полость, 8 – зазор, 9 – проклеенный периметр, 10 – внутренняя плоская поверхность

В мае - сентябре 2012 г. на специализированном теплогидравлическом стенде «Атон» ОИВТ РАН проводились тепловые испытания экспериментальных образцов интегрированной СВУ. Для испытаний использовалась международная методика ISO 9459-2:1995 [2]. Основной целью испытаний является получение обобщенных зависимостей дневной теплопроизводительности установки и максимальной температуры нагрева воды в баке аккумулятора от дневной суммы солнечного излучения, поступающего на поверхность СВУ, с учетом начальной температуры нагреваемой воды и температуры окружающего воздуха.

Методика предусматривает непрерывное измерение в течение дневного эксперимента плотности потока солнечного излучения в приемной плоскости СВУ и температуры окружающей среды. Результаты измерений солнечной радиации интегрируются, в результате чего определяется дневная сумма солнечной энергии H ($МДж/м^2$), поступившей на остекление. После захода Солнца производится отбор нагретой воды из бака аккумулятора путем вытеснения ее холодной водопроводной водой с одновременным измерением температуры сливаемой воды. Фиксируется максимальная температура нагрева воды в баке T_{max} . Отбор воды осуществляется до тех пор, пока разность температур сливаемой и вытесняющей воды не становится пренебрежимо малой (менее $1^{\circ}C$).

Данная процедура позволяет путем интегрирования определить количество накопленного СВУ за день тепла Q .

В соответствии с используемой методикой требуется проведение не менее 8 дневных экспериментов с различными погодными условиями. Для аппроксимации полученных экспериментальных данных по дневной производительности СВУ Q и максимальной температуре нагрева воды в баке T_{max} в зависимости от дневной суммы солнечного излучения H и разности между среднедневной температурой окружающего воздуха, T_a , и температурой холодной воды, T_w используются соотношения:

$$Q = a_1 H + a_2 (T_a - T_w) + a_3, \quad (1)$$

$$T_{max} = T_w + b_1 H + b_2 (T_a - T_w) + b_3 \quad (2)$$

где: $a_1 - a_3$ и $b_1 - b_3$ – коэффициенты аппроксимации, определяемые с использованием линейного метода наименьших квадратов и используемые для построения обобщенных зависимостей (рис. 2 и 3).

Полученные зависимости позволяют проводить оценки эффективности работы испытанной СВУ в достаточно широком диапазоне изменения дневной суммы солнечной радиации, среднедневной температуры наружного воздуха и температуры воды, заливаемой в СВУ для нагрева.

Так, например, допустим, что среднедневная сумма солнечной радиации в месте предполагаемой эксплуатации рассмотренной СВУ составляет 20 МДж/м². Такая сумма является характерной для летних солнечных дней во многих регионах страны, в том числе и в Москве. Среднедневная температура наружного воздуха пусть будет равна +15°C, а температура водопроводной воды, заливаемой в СВУ +5°C (т.е. $T_a - T_w = +10^\circ\text{C}$). С помощью рис. 2 найдем, что теплопроизводительность СВУ составит около 15 МДж, откуда легко рассчитывается КПД СВУ, имеющей площадь 1,5 м²: $15 / (1,5 \times 20) 100\% \approx 50\%$. Из рис. 3 легко определить, что ожидаемая максимальная температура нагрева воды в баке $T_{max} - T_w$ рассмотренной СВУ в этих условиях составит около 40°C.

Итак, проведение описанных выше испытаний и включение их результатов в соответствующий технический паспорт СВУ позволяет обеспечить потребителя необходимой информацией для оценки эффективности использования СВУ в тех или иных условиях предполагаемой эксплуатации [3].

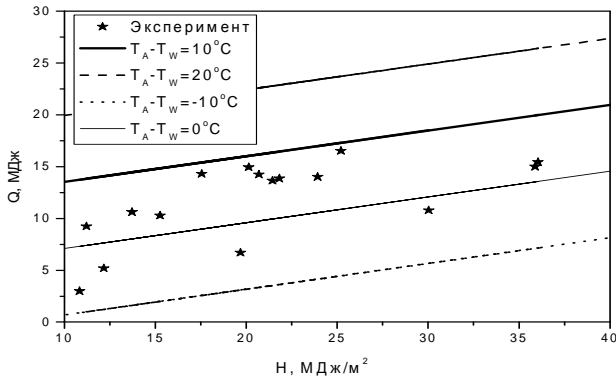


Рис. 2. Обобщенная зависимость теплопроизводительности СВУ от дневной суммы солнечной радиации

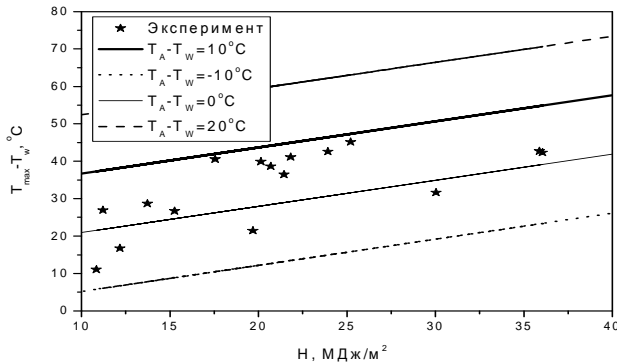


Рис. 3. Обобщенная зависимость максимальной температуры нагрева воды в СВУ от дневной суммы солнечной радиации

Библиографический список

1. В.Е. Фортов, О.С. Попель. Энергетика в современном мире – Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2011.
2. ISO 9459-2:1995. Solar Heating – Domestic water heating systems – Part 2: Outdoor test methods for system performance characterization and yearly performance prediction of solar-only systems. – Geneva. 1995.

3. Попель О.С., Фрид С.Е., Коломиец Ю.Г., Киселева С.В., Терехова Е.Н. Атлас ресурсов солнечной энергии на территории России. М.: ОИВТ РАН, 2010.

**О.А. Яковлев, аспирант; рук. Е.А. Чащин, к.т.н., доцент
(ФГБОУ ВПО «КГТА им.В.А.Дегтярева», г. Ковров)**

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТЕПЛОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В настоящее время одной из актуальных является проблема ресурсосбережения и повышения энергоэффективности тепловых двигателей, последнее, применительно к двигателям внутреннего сгорания (ДВС), сводится к решению задачи увеличения полноты сгорания топливо-воздушной смеси (ТВС) в рабочем цилиндре ДВС. Время, отведенное для сгорания ТВС в рабочем цилиндре ДВС, при эксплуатации многократно изменяется в связи с изменениями режимов работы ДВС от холостого хода до режима полной нагрузки. Поэтому известные способы управления полнотой сгорания ТВС, такие, как: выбор профиля кулачка распределительного вала, изменение состава ТВС и т.п., не обеспечивают полноты сгорания ТВС, во всем диапазоне режимов эксплуатации ДВС, что сопровождается повышенным расходом топливных ресурсов и увеличением экологической нагрузки [1].

Известно, что электростатическая обработка воздуха сопровождается увеличением концентрации радикалов О, Н, ОН и приводит к образованию в ней синглетного кислорода $O_2(a^1Dg)$. Результаты исследований, выполненных нами ранее [2], показали возможность увеличения полноты сгорания ТВС путем управления процессом сгорания за счет изменения концентрации в ТВС синглетного кислорода, синтезируемого из молекул кислорода электростатической обработкой воздуха. В настоящей работе предложено устройство электростатической обработки ТВС, обеспечивающее адаптивное изменение концентрации ионов синглетного кислорода в зависимости от режимов работы ДВС, при котором наблюдается соответствие временных интервалов сгорания ТВС фазам газораспределения.

Рассмотрим влияние изменения концентрации $O_2(a^1Dg)$ на процесс сгорания ТВС в рабочем объеме ДВС. При поджиге ТВС маломощным источником воспламенения (электрическая искра) скорость воспламенения в значительной степени зависит от времени индукции, т.е. временем запаздывания самовоспламенения:

$$t_{инд}^* = t_{инд} \exp\left(-\alpha E^*/T\right) \sigma_0 \quad (1)$$

где: $t_{инд}$ - время индукции горения в отсутствии возбужденной среды; β - коэффициент использования энергии уровня; E^* - энергия уровня; σ_0 - степень возбуждения кислорода; T - температура реакции.

Время затрачиваемое на сгорание ТВС внутри цилиндра ДВС ограничено фазами газораспределения. Полагаем, что уменьшение времени индукции приводит к более полному сгоранию ТВС. принимаем, что скорость горения ТВС зависит от степени ионизации ТВС:

$$E_{акт}/T_1 = (E_{акт} - \alpha E^*)(T_1^*)^{-1} [1 + \sigma_0 \exp(\alpha E^*/T_1^*)]^{-1}, \quad (2)$$

где: $E_{акт}$ - энергия активации воспламенения ТВС; T_1 - температура воспламенения ТВС; T_1^* - температура воспламенения в среде возбужденного кислорода.

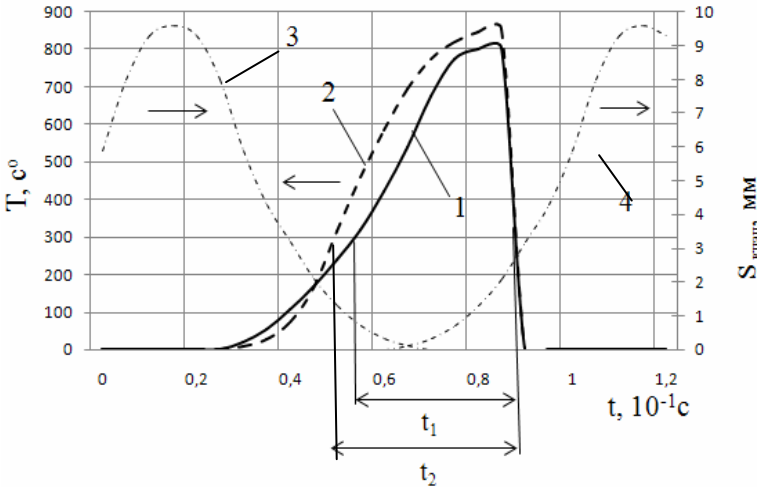


Рис. 1 График процесса воспламенения ТВС ($E_{акт}=0,12$ Дж/см³)

Кривая 1 - базовый вариант без использования устройства электростатической обработки ТВС, кривая 2 - с установкой устройства электростатической обработки ТВС и обедненной ТВС, 3 - кривая перемещения выпускного клапана, 4 - кривая перемещения впускного клапана.

Из зависимостей (1, 2) видно, что при заданной степени возбуждения σ_0 происходит снижение температуры воспламенения ТВС, что влияет на полноту сгорания ТВС в рабочем объеме ДВС (рис. 1). В 4-х тактном ДВС при неизменных фазах впуска и выпуска (кривая 3 и 4 соответственно) время рабочего цикла ограничено временем подъема

клапанов на величину $S_{\text{клап}}$. Для увеличения эффективности процесса сгорания необходимо, чтобы область горения (кривая 1), находилась преимущественно внутри временного интервала рабочего цикла. При электростатической обработке (кривая 2) область горения смещается к моменту воспламенения, вследствие этого возрастает площадь подинтегральной кривой (кривая 2) а, следовательно, и повышается полнота сгорания ТВС.

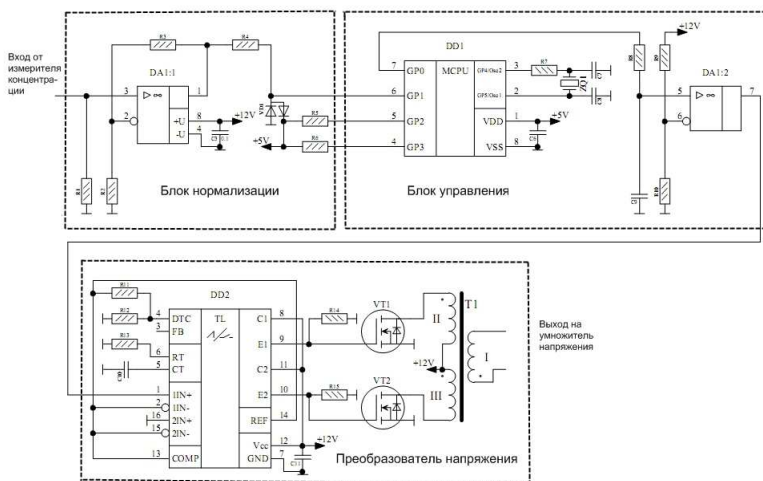


Рис.2 Схема электрическая принципиальная устройства электростатической обработки.

Для реализации адаптивного изменения концентрации ионов синглетного кислорода в ТВС, зависящих от характера и режима нагрузки, разработано устройство электростатической обработки (рис. 2). Устройство состоит из преобразователя напряжения, блока нормализации, блока управления и системы электродов (на схеме условно не показана). Преобразователь напряжения выполнен по двухтактной схеме, управляющая микросхема $DD2$ формирует импульсы, открывающие попеременно силовые транзисторы $VT1$ и $VT2$, которые создают переменную ЭДС в первичной цепи обмоток II, III трансформатора $T1$. С вторичной обмотки I трансформатора $T1$, импульсное напряжение поступает на 5 каскадный умножитель напряжения (на схеме условно не показан). Сигнал с измерителя концентрации ионов поступает в блок нормализации, выполненный на операционном усилителе $DA1:1$, с выхода операционного усилителя сигнал поступает в блок управления на аналоговый вход программируемого логического контроллера (ПЛК) $DD1$. Блок управления реализован на ПЛК, анализирующем уровень и

скорость изменения концентрации ионов синглетного кислорода в зоне смесеобразования, и в зависимости от запрограммированного логического закона $U=f(K)$, регулирует скважностью импульсов управляющей микросхемы DD2. Таким образом, удается добиться непрерывного и быстродействующего управления энергией активации воспламенения ТВС, и в соответствии с логическим законом запрограммированы в ПЛК позволяет корректировать время индукции горения и низшую температуру воспламенения ТВС оптимальным образом, повышая эффективность процесса сгорания. В устройстве электростатической обработки достигается напряженность электростатического поля до 20 кВ/см, что при скорости прокачки воздуха в зоне смесеобразования 15-50 м/с, обеспечивает формирование тлеющего разряда с $E_{акт} \leq 0.12$ Дж/см³

Экспериментальная проверка сделанных предположений о том, что ионизация ТВС позволяет достичь лучшего соответствия времени сгорания ТВС времени рабочего цикла выполнена нами на базе рядного, 4х-цилиндрового, 4х-тактного, бензинового, карбюраторного двигателя ВАЗ – 2106. Результаты экспериментального исследования показали, что при ионизации ТВС с $E_{акт} = 0.12$ Дж/см³, наблюдается увеличение эффективной мощности на 10% с 51 до 56 кВт на частоте 4550 мин⁻¹, при этом наблюдается так же увеличение крутящего момента с 0,16 до 0,163 кН·м и снижается концентрации СО с 2,7 до 2,3%.

Заклучение. В работе теоретически обоснована и экспериментально подтверждена возможность повышения эффективности работы теплового двигателя за счет увеличения полноты сгорания ТВС.

Библиографический список

1. Яковлев О.А., Чашин Е.А. Увеличение полноты сгорания топливно-воздушной смеси в рабочем объеме теплового двигателя электростатической обработкой // Вестник машиностроения, 2012, №6, с. 23-26
2. Патент № № 2464441 от 09.08.2011.

*Е.С. Шахова, В.А. Лапина, студенты;
рук-ли В.В. Бирюк, д.т.н., проф.; Д.А. Угланов, к.т.н., доц.
(СГАУ, г. Самара)*

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИХРЕВОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА

В настоящее время одним из альтернативных видов возобновляемой энергетики является вихревая энергетика, которая представляет собой технологии использования закрученных потоков сплошной среды (например, жидкости или газа) - для преобразования их в тепловую энергию, работу, в градиент температуры и давления.

ВГТ - это устройство, вырабатывающее тепло посредством изменения физико-механических параметров жидкостной среды при её течении под комплексным воздействием ускоренного и заторможенного движения. Ускорение потока достигается путем создания вихря в системах закрутки потока вихревого теплогенератора с одновременным сужением потока в конфузоре, а торможение - последующим его расширением в кавитационной трубе теплогенератора и развихрением потока на выходе из кавитационной трубы. [2]

Система теплоснабжения на базе ВГТ (рис. 1) содержит систему закрутки потока 1, кавитационную трубу 2, развихритель 3, теплопередающие устройства (теплообменник, батареи, калориферы и т.п.) 4, гидронасос 5, с электродвигателем 6 и пульт управления работой теплогенератора 7. [1]

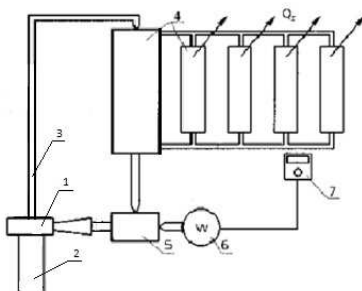


Рис. 1. Схема децентрализованной системы теплоснабжения на базе ВГТ

Для оценки эффективности данной энергетической установки была создана экспериментальная установка в соответствии со схемой (рис. 1). Для измерения температуры и тепловых потоков использовал-

ся тепловизор Testo 845. В течение 35 минут работы установки измерялась температура батареи и отдельных её элементов. График изменения температуры представлен на рис. 2.

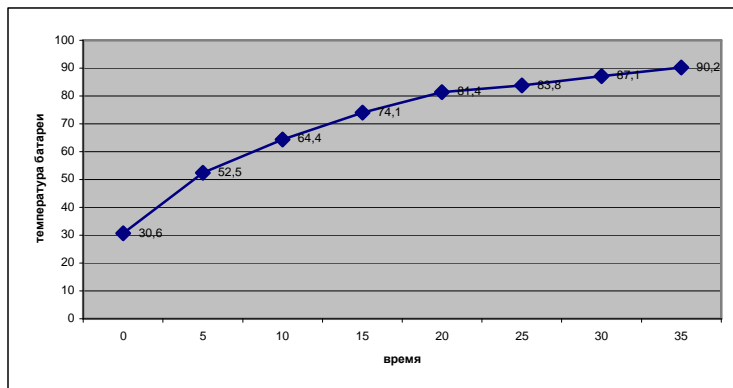


Рис. 2. График изменения температуры батареи

Проведённый, на основании экспериментальных значений, расчёт показал, что КПД установки составляет величину, равную ~97%. Следующим этапом исследований станет разработка и создание системы автоматического управления ВТГ.

ВТГ предназначен для обеспечения потребностей населения, промышленности и сельского хозяйства тепловой энергией, особенно в регионах, удалённых от централизованных энергосетей.

Традиционными теплогенераторами, нашедшими широкое применение в технике и быту, являются преобразователи энергии, использующие теплоту сгорания различного рода топлив (жидкого, твердого и газообразного). Недостатками их являются загрязнение окружающей среды продуктами сгорания, значительные финансовые затраты при транспортировке и хранении энергоносителей.

Библиографический список

1. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике. Самара. Оптима. 1997.
2. Белозерцев В.Н., Беляева Е.В., Бирюк В.В. Основы механики жидкости. Самара. 2011.

*Лапатеев Д.А., Румянцев Е.С., студ., Яблоков А.А. асп.;
рук-ли В.М. Захаров, к.т.н., проф., Н.Н. Смирнов, ст. препод.
(ИГЭУ, г. Иваново);*

Л.Б. Калинина, директор АНО «Ивановостройиспытания»

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ОКОН С ТЕПЛОТРАЖАЮЩИМИ ЭКРАНАМИ

В климатической камере АНО «Ивановостройиспытания» были произведены испытания окон с использованием теплоотражающих экранов. Нам было интересно изучить влияние на эффективность работы экранов:

1. применения стёкол с низкоэмиссионным покрытием;
2. размещения фольги в направляющих каналах.

В качестве контроля 1 испытывался оконный блок с двухкамерным стеклопакетом 4М1х10х4М1х10х4М1, размером 1,25 х 1,50 м, а в качестве контроля 2 – стеклопакет с низкоэмиссионным покрытием формулой 4М1х10х4М1х10х4И.

По результатам испытаний были получены данные, представленные в таблице 1.

Таблица 1. Данные испытания теплоотражающих экранов в окнах без и с низкоэмиссионным покрытием

Вариант	q , Вт/м ²	t_w, C^0	R , м ² *с/Вт	$R/R_{\text{контроль1}}$	$R/R_{\text{Контроль2}}$	$Q_{\text{год}}$, Гкал/м ²
Контроль 1 4М1х10х4М1х10х4М1	76,1	12,5	0,47	-	-	0,289
Контроль 2 4М1х10х4М1х10х4И	58,9	14,15	0,61	1,29	-	0,223
Экран в теплом отделении	36,13	2,94	0,98	2,09	1,61	-
Экран в холодном отделении. В канале	33,31	17,12	1,10	2,34	1,81	-
Экран в холодном отделении S=80мм	32,41	16,97	1,108	2,36	1,82	-
Экран в холодном отделении. Вплотную	31,36	16,9	1,134	2,41	1,87	-
Экран в холодном и теплом отделении	16,42	11,66	1,45	3,09	2,39	0,140
2 экрана с холодной стороны	20,77	18,65	1,757	3,74	2,89	0,095

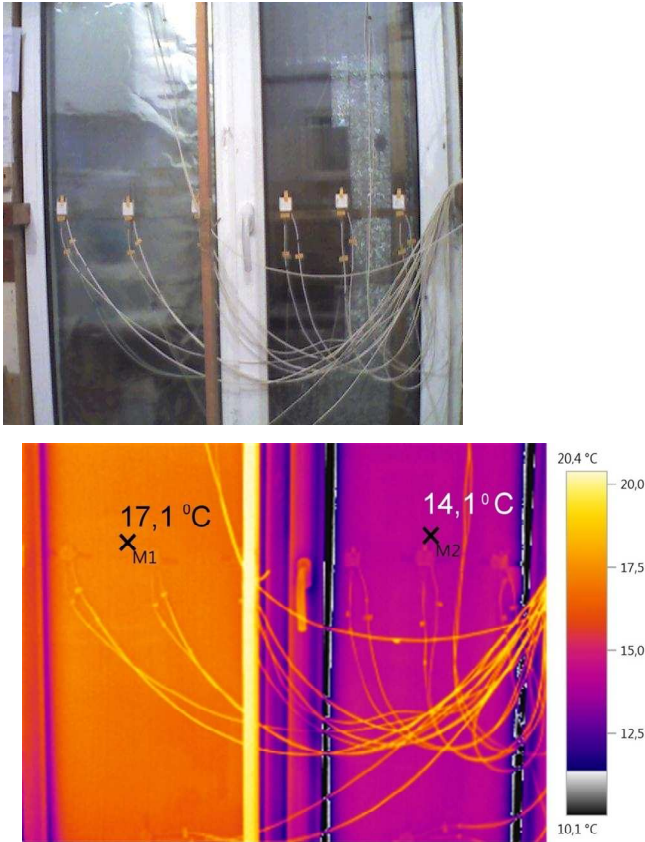


Рис. 1. Фотография и термограмма (сделана тепловизором TESTO) оконного блока (со стороны теплого отделения камеры): в левой части окна снаружи размещён теплоотражающий экран, в правой – контроль

Исходя из полученных данных, применение И-стекла дало увеличение сопротивления теплопередаче с $0,47 \text{ м}^{2,0}\text{С/Вт}$ до $0,61 \text{ м}^{2,0}\text{С/Вт}$ (на 29 %), а применение со стороны холодного отделения камеры дополнительно двух металлических экранов, размещённых на расстоянии 10 мм друг от друга, повысило сопротивление до $1,76 \text{ м}^{2,0}\text{С/Вт}$ (на 274% к контролю1 или на 189 % к контролю 2). Следует отметить, что применение теплоотражающих прозрачных покрытий на стёклах (И-стекло, К-стекло), не в большей мере снижает лучистый теплообмен, как это заявляется производителями окон – наибольший эффект даёт исполь-

зование непрозрачных металлических экранов, но, в то же время, совместная работа покрытия и экрана усиливает энергосберегающий эффект. Размещение экрана в направляющем канале незначительно (на $0,034 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ или $3,1 \%$) снизило сопротивление теплопередаче. Также незначительный отрицательный эффект (на $0,026 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ или $2,3 \%$) был получен при удалении экрана на расстояние 80 мм от остекления. При установке 1 металлического экрана для условий отопительного периода г. Иваново, 5-ти дневной рабочей неделе годовые тепловые потери снизятся с $0,223$ до $0,140 \text{ Гкалл}/\text{м}^2$ (или на 37%), при установке 2 экранов – до $0,095 \text{ Гкалл}/\text{м}^2$ (или на 57%).

При проведении технико-экономических расчётов для условий отопительного периода Ивановской области был в том числе был определён срок окупаемости мероприятия по установке металлических экранов, который составил $3,9$ года (один экран). Для определения экономии тепловой энергии за счёт применения теплоотражающих экранов была введена новая величина, а именно «среднее за отопительный период приведенное сопротивление теплопередаче окна» $\overline{R_0}^{np.om.nep.}$, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$:

$$\overline{R_0}^{np.om.nep.} = \frac{R_1 \cdot n_1 + \sum_{i=2}^k R_i \cdot n_i}{n_{от.пер}},$$

где R_1 – приведенное сопротивление теплопередаче окна без экранов (базовый вариант), $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$;

n_1 – время за отопительный период без использования экранов, в часах;

R_i, n_i – соответственно, приведенное сопротивление теплопередаче, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{В}$, и время использования различных вариантов расположения экранов, в часах (в том числе и при разном угле поворота ламелей б);

k – число вариантов расположения экранов;

$n_{от.пер}$ - продолжительность отопительного периода, в часах.

Значения n_i зависят от географической широты расположения здания, графика работы организации, продолжительности отопительного периода и т.д. Аналогичная формула использована и при определении среднесуточного приведенного термического сопротивления теплопередаче окна $R_0^{пр.сут}$, в $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Действующие нормы [1] в холодный период года в помещениях отапливаемых зданий, когда они не используются и в нерабочее время, позволяют снижать температуру внутреннего воздуха ниже нормируемой, но не ниже 15°C – в жилых помещениях; 12°C – в помещениях общественных и административно-бытовых зданий; 5°C – в «сухих» производственных помещениях. В большой степени минимальная температура воздуха при применении дежурного режима отопления определяется исходя из условий недопущения образования конденсата на ограждающих поверхностях. Мы говорим о большой вероятности выпадения конденсата на окнах, так как именно светопрозрачные конструкции являются «слабым местом» в теплозащите зданий, причём наибольшее сопротивление теплопередаче окон, например для стеклопакета 4М-Arg16-4М-Arg16-И4, составляет $0,8 \text{ м}^2\text{C}/\text{Вт}$. У непрозрачных конструкций (стен) величина сопротивления теплопередаче значительно выше. Стоит отметить, что появление влаги на стеклах является не только эстетическим дефектом - в дальнейшем постоянное выпадение конденсата может привести к увлажнению конструкций, которое способно стать причиной образования грибка и плесени на подоконниках.

Относительная влажность воздуха в помещении является нормируемой величиной (для общественно-административных – от 30 до 60 %), и именно от влажности воздуха, сопротивления теплопередаче окна, температуры наружного воздуха и зависит температура точки росы на внутреннем остеклении, а значит и минимальная температура воздуха при дежурном режиме отопления (при известном коэффициенте теплоотдаче на внутренней поверхности окна). Как показали расчёты и опытные данные (табл. 1) при применении в окнах теплоотражающих экранов, установленных снаружи, увеличивается сопротивление теплопередаче до $1,76 \text{ м}^2\text{C}/\text{Вт}$ и повышается температура на внутреннем стекле (рис. 1, табл. 1), следовательно мы можем дополнительно понизить температуру воздуха внутри помещения на $3\text{-}4^{\circ}\text{C}$ (в зависимости от влажности внутри помещения).

Таким образом получаем, что при применении окон с теплоотражающими экранами наблюдается двойной энергетический эффект: уменьшаются теплотери за счёт увеличения сопротивления окна, а также снижаются затраты теплоты на нагрев помещения за счёт понижения температуры воздуха внутри помещения.

Были разработаны способы управления теплоотражающими экранами:

- по заданному графику (рис. 2);
- по сигналу от датчика наружной освещенности (рис. 3).

Системы управления теплоотражающими экранами являются дискретными: экран либо опущен, либо поднят. В промежуточном положении экран находится только во время его перемещения.

На рис. 2 показаны функциональные схемы вариантов систем управления теплоотражающим экраном, реализующие принцип управления по заданному графику.

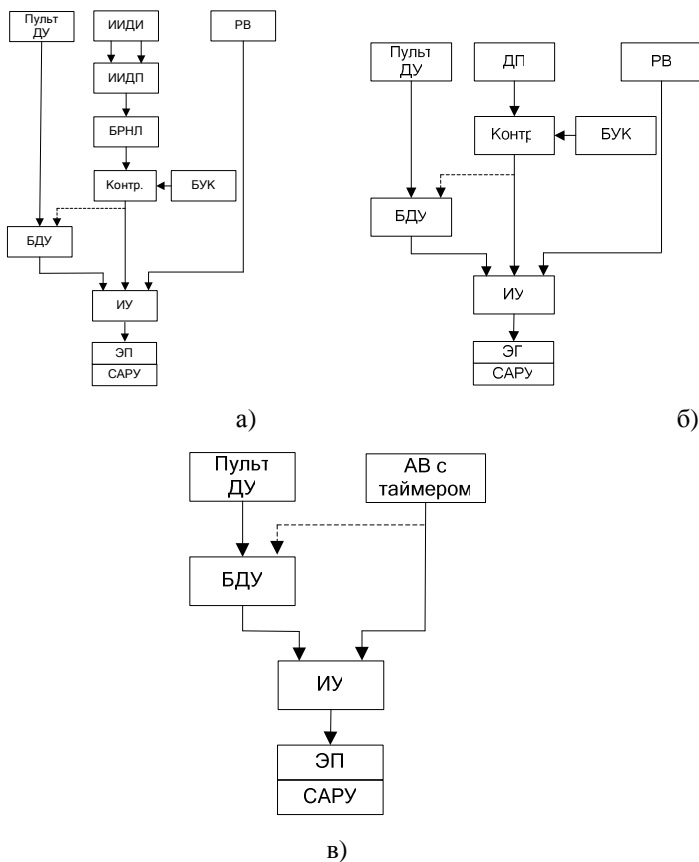


Рис. 2. Функциональные схемы систем управления электроприводом теплоотражающего экрана по заданному графику:

ИИДИ – инфракрасные импульсные датчики-излучатели, ИИДП – инфракрасные импульсные датчики-приемники, БРНЛ – блок распознавания наличия людей в помещении, БУК – блок управления контроллером, ДУ – дистанционное управление, БДУ – блок дистанционного управления, ДП – датчик присутствия, РВ – ручной выключатель, АВ –

автоматический выключатель, ИУ – исполнительное устройство, САРУ – система аварийного ручного управления электроприводом, ЭП – электропривод,

В схемах *а*, *б* основным элементом системы управления является контроллер, а в схеме *в* – автоматический выключатель с таймером.

В схемах *а*, *б* экран поднимается, только если в помещении находятся люди и в соответствии с графиком, заданном в контроллере, экран должен быть поднят в данное время суток.

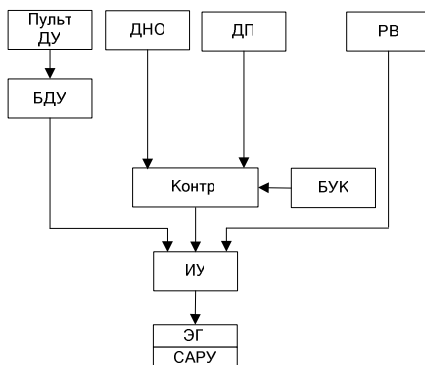


Рис. 3. Функциональная схема системы управления электроприводом теплоотражающего экрана по сигналу от датчика внешней освещенности

Библиографический список

1. Свод правил СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха». – Москва, 2012.

*Р.А. Киселёв, студ.; А.Б. Трояновский, соискатель;
рук Е.Г. Авдюнин, д.т.н., проф. (ИГЭУ, г.Иваново)*

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Потребление электрической и тепловой энергии. В мировом энергетическом балансе доля древесных ресурсов не превышает 3,5 %, а в России - 1 %. В 1950 году эта доля составляла в России 9 %, а в 1913 г. – 21 %. Есть, впрочем, и теперь страны, в которых дрова и поныне – основной вид топлива. В странах Африки, например, на дрова

идет 88% всей заготовленной древесины, в Южной Америке – 68%, а в Индии и Индонезии – 91 и 80 %. Вполне естественно, что в этих странах по мере развития газификации и электрификации, доля потребления дров будет сокращаться, а со временем достигнет обычного для индустриальных стран уровня – 3-5%. Вместе с тем, следует что древесные и растительные ресурсы единственный на Земле возобновляемый органический источник энергии, тогда как ресурсы традиционных видов топлива – нефти, газа, каменного угля – постоянно неизбежно сокращаются. Разведанные запасы нефти, например, по оценкам экспертов, могут быть израсходованы еще до конца нашего столетия, природный газ – в течение 150 лет, каменный уголь – в течение 350 лет. И хотя в будущем могут быть открыты другие – пока неизвестные – месторождения, но рано или поздно будут исчерпаны и они. Тем более что нефть широко используется не только как топливо, но и как технологическое сырье для получения многих ценных продуктов.

Крупнейшие нефтяные компании мира выделяют значительные средства для работ в области альтернативных энергоносителей, – прежде всего, солнечной энергии, а также древесной и растительной биомассы. Эксперты Мирового энергетического союза не предвидят технологического прорыва в этой области, по крайней мере, в ближайшее 10-15 лет, но по мере сокращения запасов нефти ситуация, безусловно, будет меняться. Количество древесины на Земле растет: общий годовой прирост в лесах планеты составляет в среднем 5,5 миллиарда кубометров, т.е. примерно в 1,5 раза больше годового объема лесозаготовок. Это, однако, вовсе не означает безграничных возможностей при использовании древесины как топлива, поскольку спрос на пиломатериалы, древесные плиты, фанеру, целлюлозу и бумагу тоже увеличивается. И в перспективе, видимо, источником тепловой энергии станут не дрова, а разного вида древесные отходы (ДО) образующиеся при заготовке и переработке древесины: сучья, ветки, верхушки деревьев, кора, опилки куски дерева, горбыль и т.д. Основные перспективы применения древесины в качестве топлива связаны не с брикетами и не с дровами, а с переработкой древесной биомассы в жидкое или газообразное топливо, которое обладает лучшими потребительскими и экологическими свойствами.

Газогенераторная установка для переработки вторичных древесных ресурсов. Целью работы является создание энергетической газотурбинной установки мощностью 100-120кВт, работающей на генераторном газе с тепловой мощностью $Q_{ГТ}=500кВт$.

Схема ГГУ приведена на рисунке 1, будет являться экологически чистой, безопасной в эксплуатации, несложной в изготовлении. Принцип работы установки изложен в ряде работ.

Газогенератор 7 предварительно разогревают до необходимой температуры начала газификации. Для этого в бункер газогенератора 7 загружают требуемое количество ДО (примерно 15% объема бункера). Производят розжиг ДО через нижний люк 3. После достижения необходимого температурного режима газогенератора 7 в бункер на весь объем повторно загружают ДО. В камеру газификации при помощи центробежного вентилятора 2 (или компрессора 19) подают атмосферный воздух для окислительно-восстановительного процесса. На этом главном этапе, происходит процесс газификации ДО с получением горючего газа. Выходящий из газогенератора по трубам 9, 10 горючий газ поступает в водяной холодильник 11 для превращения паров побочных продуктов – смолы и водяного пара в жидкость. Смолосборник 13 для осуществляет сбора жидких смол, воды, летучей сажи, а также возможных следов оксидов азота. Циклон 14 предназначен для дополнительной сушки и очистки газа. Ресивер 16 нужен для подачи генераторного газа в горелку 18 камеры сгорания котельной (ЭТУ) или камеры сгорания газотурбинной установки или для сбора в газовый баллон 20 при помощи компрессора 19.

Основной материал для изготовления установки – листовая сталь толщиной 2,5-7,0мм, огнеупорный кирпич, бетон, металлические трубы. Количество генераторного газа при стационарном режиме обеспечивает тепловую мощность $Q=0,5-5,0$ МВт. Получаемый из ДО газ практически невзрывоопасен, сгорает в воздухе с получением CO_2 и H_2O , фактически не образует экологически вредных оксидов азота, что объясняется выбором соответствующего температурного режима.

Предлагаемый процесс газификации рассчитан на 6 часов непрерывной работы при однократной загрузке ДО с влажностью $W=0,3-0,6$. Догагрузка может происходить через 1 час работы. После окончания

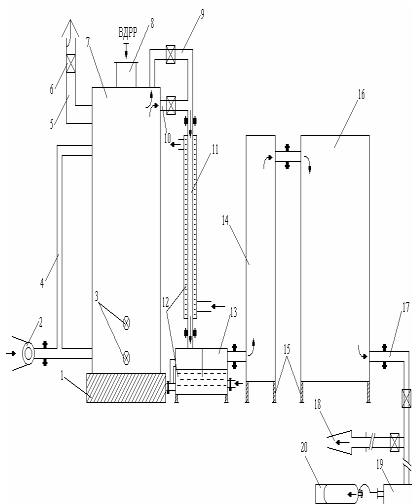


Рис.1 ГТУ на древесных отходах

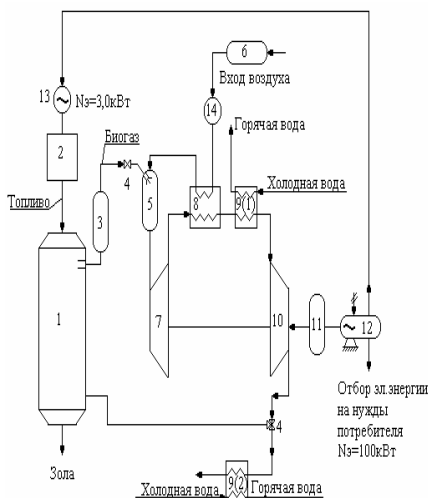


Рис.2 Схема ГТУ с газогенератором

процесса газификации один раз в сутки производится чистка газогенератора от золы, остатков древесного угля, сажи, смолы, проверяется исправность ГТУ.

Представляется целесообразным, в ближайшие годы, создать опытно-промышленную установку, которая позволит получать из измельченных или брикетированных ДО газообразное топливо с теплотворной способностью до 5800 кДж/кг (по нашим экспериментальным данным до 5200кДж/кг).

ГТУ может быть использована на деревообрабатывающих предприятиях, в леспромхозах, в сельскохозяйственной местности, на автономных электростанциях и т.д. Экономический эффект от использования газогенераторной установки связан с получением и использованием дешевого газообразного топлива из древесных отходов или торфа, что особенно важно для населенных пунктов, отдаленных от мест добычи газа и от магистральных газопроводов.

Автономная ГТУ мощностью 100 квт, работающая на вторичных древесных ресурсах. Принципиальная схема установки приведена на рисунке 2. Топливо (древесные отходы, торф и т.п.) пройдя систему подготовки 2 (сушки) поступает в газогенераторную установку ГТУ-0,5, где газифицируется, после чего поступает в ресивер 3 и затем через вентиль 4 в камеру сгорания 5. В камеру сгорания поступает также

воздух, который забирается из атмосферы, проходит фильтр 6, нагревается в маслорадиаторе 14 и в теплообменнике (регенератора) 8. В камере сгорания 5 генераторный газ сгорает в потоке воздуха с выделением теплоты достаточной для нагрева продуктов сгорания до $T_1=1200\text{K}$, что соответствует уровню температур в газотурбинных установках и обеспечивает значительный ресурс ее работы. Продукты сгорания поступают в турбину, где происходит преобразование перепада полной энтальпии газа в механическую работу. Газ за турбиной имеет давление ниже атмосферного ($P_{\text{вых}}=0,0302\text{Мпа}$), охлаждается воздухом в регенераторе 8, водонагревателе 9(1) и поступает в центробежный компрессор 10, где сжимается практически до атмосферного давления. Часть газов (примерно 90%) используется для нагрева воды для бытовых нужд, а часть (примерно 10%) для сушки и подогрева топлива. Полезная мощность с вала турбокомпрессора передается через редуктор 11 на электрогенератор 12, где вырабатывается необходимая электрическая мощность.

ВЫВОДЫ

Проведен анализ существующих резервов возобновляемых энергетических ресурсов в виде древесных отходов в Хантымансийском национальном округе. Определена потребность в тепловой и электрической энергии, что позволило рекомендовать к использованию газогенераторные установки.

Разработана принципиальная схема газогенераторной установки и проведен анализ эффективности ее использования для производства тепловой и электрической энергии.

Выполнены термодинамические расчеты эксгаустерной газотурбинной установки с электрической мощностью $N_e=103\text{кВт}$, тепловой мощностью $Q_e=303,3\text{кВт}$ и КПД $\eta_e=0,243$ при максимальной температуре перед турбиной $T_3^*=1200\text{K}$, степени сжатия $\pi_k=4,0$.

Выполнен проектный расчет узлов газотурбинной установки, в результате чего найдены их размеры и параметры рабочего тела. К.п.д. турбины $\eta_t^*=0,88$, к.п.д. центробежного компрессора $\eta_r^*=0,825$, степень регенерации $\eta_p=0,78$.

Оценены массогабаритные характеристики, стоимость материалов и трудоемкость изготовления. Учитывая существенную экономию топливной составляющей, за счет применения вторичных древесных ресурсов, можно сделать вывод о приемлемости технико-экономических показателей рассматриваемой установки.

*К.В. Исламова, студ.; рук. В.П. Созинов, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

СБАЛАНСИРОВАННАЯ УТИЛИЗАЦИОННАЯ СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦИИ

На некоторых производственных участках, в производственных помещениях имеется оборудование, машины, выделяющие в процессе их эксплуатации газообразные или парогазовые отходы с значительным теплосодержанием. Поскольку они нередко содержат вредные компоненты, то их приходится удалять из помещения. При этом экономически может быть целесообразно использовать теплоту данных отходов. Одна из систем, которая позволяет утилизировать теплоту таких газообразных отходов, показана на рисунке.

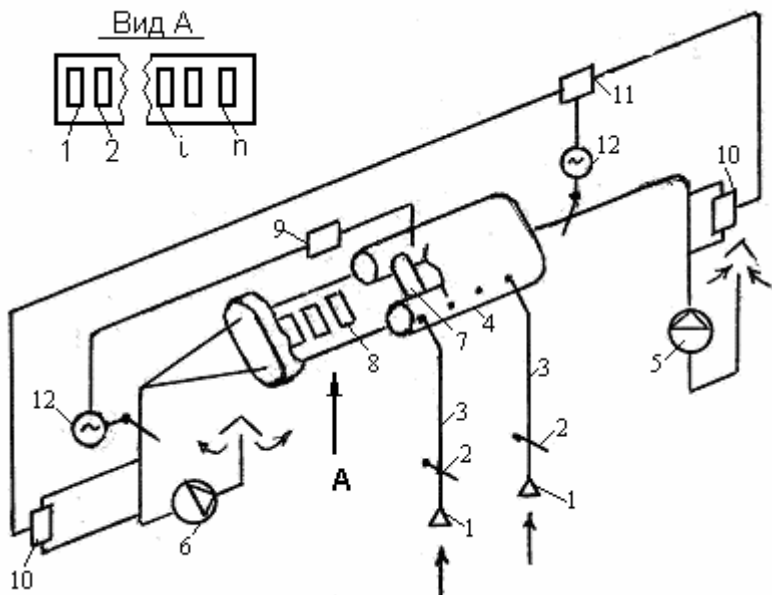


Рис. 1. Схема утилизационной системы:

1 – приемник отходов; 2 – отсечной клапан; 3 – всасывающее ответвление; 4 – коллектор; 5 – подающий вентилятор; 6 – вытяжной вентилятор; 7 – перемычка; 8 – отверстие; 9 – датчик давления; 10 – датчик перепада давления; 11 – аналого-релейный преобразователь; 12 – управляющий механизм

Система может находиться внизу или сверху помещения и состоит из приёмников отходов, оснащенных отсечными клапанами, всасываю-

щих трубопроводных ответвлений, двухполостного коллектора, подающего и вытяжного вентиляторов. Коллектор состоит из двух магистральных труб, полости которых сообщаются при помощи пустотелых перемычек, и стенок, одна из которых имеет отверстия для выпуска в помещение приточного воздуха. Приточный воздух нагнетается подающим вентилятором в пространство между магистральными трубами и стенками коллектора. Отходы, поступающие по всасывающим ответвлениям в магистральные трубы коллектора, удаляются из них вытяжным вентилятором.

Система работает следующим образом.

При использовании всех приёмников отходов нагретый газ поступает в магистральные трубы коллектора и за счет теплопередачи отдает теплоту приточному воздуху. Он выходит через отверстия коллектора и поступает в помещение.

Если количество источников отходов сокращается, отсечные клапана перекрывают соответствующие всасывающие ответвления и разрежение в обоих трубах коллектора возрастает. Причем возрастание в них происходит на одинаковую величину из-за наличия пустотелых перемычек. Датчик перепада давления, установленный перед удаляющим вытяжным вентилятором, подаст сигнал на свой управляющий механизм и регулирующий клапан. Он уменьшит подачу вытяжного вентилятора настолько, что разрежение в магистральных трубах коллектора восстановится. Датчик перепада давления, установленный перед вытяжным вентилятором, зафиксирует изменение подачи этого вентилятора и подаст сигнал на аналого-релейный преобразователь. Последний сравнивает этот сигнал с тем, который исходит от датчика перепада давления, установленного после подающего вентилятора. Его назначение – сделать так, чтобы сигналы от датчиков перепада давления были одинаковы. Это происходит за счёт срабатывания регулирующего клапана, установленного за подающим вентилятором. В результате подачи этого вентилятора уменьшится. Поскольку датчики перепада давления измеряют расходы газовых сред в трубопроводах, то подача вытяжного и подающего вентиляторов снова станет одинаковой.

Для того, чтобы обеспечить равномерную раздачу воздуха в помещении из всех отверстий коллектора площади этих отверстий должны быть разными. Рассчитать их можно по формуле

$$F_i = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{F_{i-1}^2} - \frac{M^2}{F^2} [i^2 - (i-1)^2] - \frac{\mu \cdot \ell}{n \cdot d_3} (i-1)^2 - \xi}}$$

где F_{i-1} – площадь $i-1$ -го отверстия, m^2 ;

F_i – площадь i -го отверстия, m^2 ;

i – номер отверстия, расположенного от торца межтрубного пространства коллектора;

μ – коэффициент расхода;

F – площадь поперечного сечения межтрубного пространства коллектора, m^2 ;

λ – коэффициент трения;

ℓ – длина коллектора, охватывающая отверстия для подачи воздуха в помещение, m ;

n – количество отверстий;

d_3 – эквивалентный диаметр межтрубного пространства коллектора, m ;

ξ – коэффициент местного сопротивления, учитывающий потери давления на проход мимо отверстия.

По формуле можно последовательно подсчитать все площади отверстий, задавая $i = 2, 3, \dots n$. Площадь первого отверстия

$$F_1 = \frac{V_n}{n \cdot x_{\max}}$$

где V_n – расход приточного воздуха, m^3/c ;

x_{\max} – максимальная допустимая скорость истечения воздуха из отверстия, m/c .

Сопротивление (потеря давления) межтрубного пространства коллектора можно определить по формуле

$$\Delta P = \left(\frac{x_n^2}{M^2 \cdot x_H^2} + 1 \right) \frac{\rho \cdot x_n^2}{2},$$

где x_n – скорость воздуха в n -м отверстии, m/c ;

x_H – скорость воздуха на входе в межтрубное пространство коллектора, m/c ;

ρ – средняя плотность воздуха в межтрубном пространстве коллектора, kg/m^3 .

Библиографический список

1. **Созинов В.П.** Аспирация в АПК. Учеб. пособие.– Иваново: НПЦ “СТИМУЛ”, 1996.– 424 с.
2. **Талиев В.Н.** Аэродинамика вентиляции.: Учеб. пособие. – М.: Стройиздат, 1979. – 295 с.

*М.В. Барабанова, студ., рук. В.И. Субботин, к.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ

В зданиях и сооружениях тепловая энергия потребляется системами отопления, вентиляции и горячего водоснабжения.

Перечисленные системы поддерживают параметры микроклимата зданий и сооружений в пределах допустимых и оптимальных санитарно-гигиенических норм.

В качестве теплоносителя в системах отопления, вентиляции и горячего водоснабжения могут применяться вода, водяной пар и воздух.

Жилые, общественные и производственные здания в холодный период года, когда температура наружного воздуха становится ниже температуры воздуха внутри помещения, теряют теплоту через наружные ограждения зданий Q_T и на нагрев инфильтрирующего воздуха $Q_{и}$. В то же время в здания поступает теплота от отопительных систем Q_o , теплота, выделяемая технологическими аппаратами и машинами, людьми, осветительными приборами и т.п., так называемые тепловыделения $Q_{ТВ}$. Поддержание необходимых значений температур воздуха внутри зданий будет только в том случае, если суммарные теплопотери ($Q_T + Q_{и}$) будут полностью компенсироваться суммарными теплопритоками ($Q_{ТВ} + Q_o$):

$$Q = Q_T + Q_{и} = Q_{ТВ} + Q_o .$$

Суммарные теплопотери здания в основном зависят от теплопотерь через ограждения; используя коэффициент инфильтрации μ , равный $\mu = Q_{и} / Q_T$, получают

$$Q = Q_T (1 + \mu).$$

Для жилых и общественных зданий максимальное значение коэффициента инфильтрации составляет 3÷5 %, что находится в пределах погрешности расчета теплопотерь. Поэтому для учета инфильтрации значение удельных теплопотерь обычно принимают с небольшим запасом. Теплопотери инфильтрацией промышленных зданий составляют 25–30 % теплопотерь через наружные ограждения.

Мероприятия по энергосбережению в системах отопления и вентиляции включают в себя:

- объёмно-планировочные, строительно-конструктивные меры по энергосбережению;
- учет и контроль энергоносителей;
- совершенствование систем и их элементов;
- энергосбережение тепла путем утилизации природных энерго-ресурсов.

В Российской Федерации принято классифицировать здания по уровню их энергетической эффективности (табл.1).

Таблица 1. Классы энергетической эффективности зданий в РФ

Обозначение класса	Наименование класса энергетической эффективности	Величина отклонения расчетного (фактического) значения удельного расхода тепловой энергии на отопление здания q_h^{des} от нормативного, %	Рекомендуемые мероприятия органами администрации субъектов РФ
Для новых и реконструируемых зданий			
A	Очень высокий	Менее минус 51	Экономическое стимулирование
B	Высокий	От минус 10 до минус 50	То же
C	Нормальный	От минус 5 до минус 9	
Для существующих зданий			
D	Низкий	От плюс 6 до плюс 75	Желательна реконструкция здания
E	Очень низкий	Более 70	Необходимо утепление здания в ближайшей перспективе

Следовательно, архитектор и заказчик должны проектировать и строить здания с нормальным классом энергетической эффективности.

Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление зданий за отопительный период q_h^{des} , кДж/(м²·°C·сут) или кДж/(м³·°C·сут), следует считать по формуле

$$q_h^{des} = \frac{10^3 \cdot Q_h^y}{A_h \cdot D_d} \quad \text{или} \quad q_h^{des} = \frac{10^3 \cdot Q_h^y}{V_h \cdot D_d},$$

где Q_h^y – расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода, МДж.

где A_h – сумма площадей пола квартир при полезной площади помещений здания, за исключением технических этажей и гаражей, м²;

V_n – отапливаемый объём здания, равный объёму, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений здания, m^3 ;

D_d – градусо-сутки отопительного периода, $^{\circ}C \cdot сут$, для конкретного пункта.

В целом на стадии проектирования зданий принимаются объёмно-планировочные, строительно-конструктивные меры по энергосбережению, т.е. по уменьшению тепловых потерь и тепловыделений. Можно перечислить основные из них:

- выбор ориентации здания относительно сторон света;
- выбор формы здания в плане и по вертикали;
- выбор степени и характера остекления;
- подбор тепловой изоляции, обеспечивающей термическое сопротивление элементов ограждающих конструкций, удовлетворяющих нормам тепловой защиты зданий.

Здания и сооружения являются крупнейшими потребителями энергии (30 – 40 % общего потребления).

По оценкам специалистов, за счет мероприятий по энергосбережению в зданиях и сооружениях можно снизить потребление тепловой энергии на 50 %, электрической – на 30 – 40 %.

Структура расхода тепловой энергии элементами здания и потенциал энергосбережения приведены в табл. 2.

Таблица 2. Структура расхода тепловой энергии элементами здания

Элементы здания	Расход тепловой энергии, %	Потенциал энергосбережения, %
Наружные стены	30	50
Окна	35	50
Вентиляция	15	50
Горячая вода	10	30
Крыша, пол	8	50
Трубопровод, арматура	2	5

Из табл.2 видно, что основные теплотери наблюдаются через наружные стены и окна. В Западной Европе потребление теплоты на $1 m^2$ общей жилой площади по нормам составляет 60 – 70 кВт·ч, у нас эта цифра с учетом более низкой температуры больше.

Коэффициент теплопередачи для различных элементов строительной конструкции имеет следующие значения, Вт/ $m^2 \cdot K$:

- потолок (12 см изоляции) – 0,35;
- пенобетон 30-36 см – 0,66;
- легкий кирпич 30-36 см – 0,66;

- пол (5 см изоляции) – 0,68;
- теплоизолированные окна – 0,30.

Качество теплоизоляции является важнейшим параметром энергосбережения здания. Коэффициент теплопередачи должен находиться в пределах $0,3 \div 0,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Этих значений можно добиться в конструкции зданий и сооружений, используя следующие решения:

- однослойную кладку из материала с низкой теплопроводностью, оштукатуренную с двух сторон;
- кладку с утепляющим слоем $15 \div 20$ см и воздушной прослойкой под наружной оболочкой;
- двойную стену с толщиной утепляющего слоя 15 см из пористого наполнителя. Предпочтение следует отдать природным, экономически чистым материалам (керамзит, аглопорит, перлит и др.).

В России на Урале появился завод по производству нового утеплителя – «эковаты». Основной состав утеплителя – отработанная целлюлоза (81 %). Это экологически чистый, устойчивый к огню, невосприимчивый к гниению утеплитель. Завод создан по канадской технологии.

Коэффициент теплопроводности некоторых материалов представлен в табл. 3.

Таблица 3. Теплопроводность материалов стен и изоляционных материалов

Материал	Коэффициент теплопроводности, Вт/м·К
Кирпич	0,9
Силикатный кирпич	1,4
Керамзит	0,45
Железобетон	0,9
Полистирол	0,040 – 0,053
Полиуретан	0,036 – 0,040
Пенополиуретан	0,017 – 0,035
Соломенные маты	0,095 – 0,125

Существуют следующие основные способы снижения теплопотерь через ограждающие конструкции, которые представлены в табл. 4.

Таблица 5.4. Мероприятия по снижению теплопотерь ограждающих конструкций

Мероприятия	Теплосбережение, %
Уплотнение дверей и окон	10
Теплозащитные пленки и шторы на окна	5 – 10
Утепление чердака (дополнительная изоляция 100 – 150 мм)	4 – 7
Утепление участка стены за радиатором	2 – 3

Рассмотрим снижение теплопотерь через окна.

Если сопротивление теплопередаче обычного стекла составляет примерно $0,17 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, то стеклопакета из двух стекол – $0,36 \dots 0,39 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, а стеклопакета из трех стекол может превышать $0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Наибольшее сопротивление можно получить при использовании в стеклопакете одного из стекол с селективным покрытием, способным отражать тепловые волны внутрь помещения и одновременно пропускать снаружи солнечное тепловое излучение, а также введением в межстекольное пространство более плотного, чем воздух, газа, например аргона, криптона или ксенона. В этом случае можно достичь термического сопротивления теплопередаче порядка $1,8 \div 2,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Однако следует помнить, что применение высокогерметичных стеклопакетов вызовет увеличение кратности воздухообмена, т.е. уменьшение теплопотерь через окна, но увеличение теплопотерь в системе вентиляции помещения. Кроме того, применение новейших стеклопакетов снижает уровень поступления в помещение солнечного света, в том числе ультрафиолетовых лучей, необходимых для здоровья человека.

Для повышения коэффициента сопротивления теплопередаче в темное время суток могут применяться теплоотражающие экраны и шторы, которые снижают тепловые потери в основном от лучистого теплообмена. Указанное мероприятие эффективно для центральных и особенно северных районов.

Библиографический список

1. **Энергосбережение** в теплоэнергетике и теплотехнологиях: учебник для вузов/ О.Л. Данилов, А.Б. Гаряев, И.В. Яковлев и [др.] под ред. А.В. Клименко – М.: Издательский дом МЭИ, 2010. – 424 с.

2. **Субботин В.И., Васильев С.В., Махов О.Н.** Энергоснабжение в системах теплоснабжения: Учеб. пособие/ ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина».– Иваново, 2012. – 264 с.

3. **Данилов, Н.И.** Основы энергосбережения: учебник/ Н.И. Данилов, Я.М. Щелоков; под ред. Н.И. Данилова. – Екатеринбург: ГУСО “Институт энергосбережения”, 2008. – 526 с.

*А.И.Алексеев, студ.; А.А.Козловская, студ.;
рук. Л.И.Тимошин, к.т.н, доц..
(ИГЭУ, г.Иваново)*

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОТОЧНОЙ ЛИНИИ СУШКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Растительное сырье (табачный лист, лекарственные растения) неоднородно как по своим полезным свойствам, так и по сложности высушивания. Так табачный лист состоит из следующих элементов: листовой пластинки, средней жилки и боковых жилок. Листовая пластинка, содержащая до 70% сухого вещества табачного листа, представляет основную технологическую ценность. Средняя жилка толщиной $(2,0..10,0) \cdot 10^{-3}$ м оказывает сильное влияние на продолжительность сушки и является наиболее трудно-высушиваемой частью табачного листа.

Качество получаемого готового продукта в большой степени зависит от поддерживаемых параметров сушки. Выход значения параметров за пределы оптимальных не допустим. Кроме того, процесс высушивания растительного сырья является крайне энергоемким. Поэтому может представлять особый интерес для энергетиков ввиду сложившейся в последнее время тенденции к повышению энергетической эффективности использования топливных ресурсов. Однако, ввиду того, что сушка растительного сырья проводится в месте его сбора, применение классических энергосберегающих технологий осложнено. В качестве примера мы рассмотрим поточную сушилку табачного сырья СТГ-1,5, широко применяемую у нас в стране. Она имеет следующие недостатки:

1. Несовершенство системы вентиляции и теплоснабжения в зоне сушки, что ведет к непостоянству поддерживаемых параметров сушки и низкому качеству получаемого продукта.
2. Отсутствие устройств, позволяющих использовать вторичные энергоресурсы, такие как отработанный воздух и конденсат греющего пара.
3. Низкая эффективность использования солнечной энергии.

Для повышения эффективности работы поточной линии необходимо следующее:

- стабилизировать параметры воздуха в сушильной камере в течение суток, что будет способствовать уменьшению продолжительности процесса и повышению качества получаемого продукта;

- максимально использовать солнечную энергию и вторичных энергетических ресурсов поточной линии.

Таким образом, экономический эффект при внедрении новой поточной линии может быть достигнут за счет:

1. Улучшения качества получаемой продукции, так как при равномерной подаче сушильного агента можно добиться достаточного выравнивания полей температуры и относительной влажности воздуха;

2. Увеличения производительности за счет поддержания оптимальных параметров в процессе сушки, вне зависимости от погодных условий и времени суток;

3. Экономии тепловой энергии при использовании вторичных энергоресурсов и солнечной энергии.

Приведем сравнительную таблицу качественного состава табачного сырья, получаемого на сушилках СТГ-1,5 в Краснодарском крае (сорт «Юбилейный») и на экспериментальных модернизированных сушилках с принудительной циркуляцией воздуха и поддержанием более равномерных в течение суток параметров сушильного агента.

Таблица 1. Сравнительный анализ качественного состава табачного сырья.

Сорт	Сушилка СТГ-1,5, %	Модернизированная сушилка СТГ-1,5, %	Стоимость продукции, руб/кг
I	43	81	120
II	18	4	76
III	12	10	53
IV	27	5	25

Производительность поточной линии СТГ-1,5 не превышает 80 т за сезон. При этом выручка составляет около 6,2 млн руб. Проведение модернизации позволит улучшить качество получаемой продукции и увеличить производительность до 130 т за сезон. При этом выручка возрастет до 13,9 млн руб. Стоимость модернизации составит около 2 млн руб.

Таблица 2. Стоимость оборудования.

Оборудование	Стоимость, тыс. руб
Гелиоколлектор площадью $3 \times 50 = 150 \text{ м}^2$, состоящего из трубок, заполненных парафином	1000
Модернизация системы вентиляции (установка воздухопроводов клиновидной формы, вентиляторов для принудительной циркуляции сушильного агента)	50
Теплообменник паров вторичного вскипания	24

Конденсатопровод (10 труб по 50 м)	500
Насос для перекачки конденсата	60
Воздуховод, подающий воздух из камеры фиксации в камеру томления (50 м)	10
Бак-аккумулятор (12 м ³)	15
Итого	1659

Таким образом можно сделать вывод о безусловной окупаемости проекта и экономической целесообразности модернизации поточной линии СТГ-1,5.

Библиографический список

1. **Леонов И.П., Петренко А.Г., Псарев Г.М.** Пособие для табаководов. М.: Высшая школа. 1980.
2. **Чакветадзе Д.Е., Дьячкин И.И.** Справочник по закупкам и определению качества табачного сырья. М.: Колос. 1982.
3. **Добровольская А.Г., Бородий А.П.** Актуальные проблемы развития табаководства Молдавии. К.: Штиинца. 1979.

*Ю.Е. Дмитриева, студ.; О.А. Макарычева, студ.;
рук. Л.И. Тимошин, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АККУМУЛЯТОРОВ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В ПОТОЧНОЙ ЛИНИИ ДЛЯ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ СУШКИ ТАБАКА

Для устранения недостатков поточной линии СТГ-1,5, связанных с зависимостью томления от параметров наружного воздуха, времени суток и с образованием в массе табака при томлении зон с повышенным содержанием влаги >90%, приводящих к запариванию сырья, была предложена модернизация зоны томления.

По технологии табак, нашитый в гирлянды, поступает в камеру томления. Солнечное излучение, проникая через светопрозрачную стенку, поглощается экраном, при этом он нагревается и отдает свою теплоту воздуху. Нагретый воздух попадает в верхний сборник камеры томления. Через отверстия воздух равномерно поступает в камеру, где он, соприкасаясь с табаком, увлажняется и охлаждается, при этом опускается вниз. Через нижний канал отработанный воздух попадает

в воздушную полость. К воздушной полости подмешивается воздух, нагретый в гелиоколлекторе. В гелиоколлекторе одновременно происходит накопление теплоты теплоаккумулирующим веществом (парафином) в трубках. При снижении интенсивности солнечного излучения в вечернее время или с наступлением холодного осеннего периода, а также во время непогоды необходимо поддерживать такие условия сушки, которые создаются в благоприятный период. Наиболее благоприятными условиями для нормального томления листьев табака являются температура 25...35°C, относительная влажность воздуха 75...90%. Гелиоколлектор по направляющим на роликах устанавливается в воздушной полости, при этом светопрозрачная стенка наматывается на устройство. Теплота аккумулирования в трубках нагревает воздух и создает естественную тягу в камере, что позволяет не снижать интенсивность обезвоживания табака и поддерживать параметры воздуха на уровне дневных. При падении температуры теплоаккумулирующего вещества в трубках воздушная полость гелиоколлектора перекрывается задвижкой. Одновременно открывается воздушная полость, в которой расположены оребренные трубки, через которые насосом прокачивается конденсат греющего пара из бака-аккумулятора по трубкам, что позволит поддержать циркуляцию воздуха в камере. С наступлением светового дня гелиоколлектор занимает первоначальное положение. Задвижка на гелиоколлекторе и задвижка на боковой стенке позволяют изменять температуру и относительную влажность воздуха в камере. Через задвижку излишки теплоты и влаги отводятся из камеры. Поддержание требуемых параметров воздуха позволит сократить время пребывания табака в камере томления до 2-х суток, уменьшить размеры камеры и увеличить производительность поточной линии по сравнению с поточной линией СТГ-1,5.

В связи с модернизацией улучшилось качество табака, а также возросла производительность с 80 т до 130 т за сезон, а, следовательно, увеличилась прибыль, которую дает данная установка.

Модернизация поточной линии требует затрат на покупку двух калориферов, бака-аккумулятора, конденсатного насоса и гелиоколлектора (трубки, заполненные парафином). Также есть эксплуатационные издержки-это:

- отчисления на амортизацию
- затраты на ремонт
- затраты на электрическую энергию, затрачиваемую на перекачку конденсата из котельной
- затраты теплоты на догрев химически очищенной воды, до температуры возвращаемого конденсата

- затраты теплоты, связанной с увеличением продувки паровых котлов

Был проведен расчет теплового баланса камер поточной линии СТГ-1,5, которой находится по формуле:

$$Q_o = Q_d + Q_c + Q_{кр} + Q_e + Q_u + Q_{не} + Q_D.$$

Все данные по балансу сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Наименование величины	Обозначение	Количество, Вт	
		в дневное время	в ночное время
Теплопотери через железные двери в зону увлажнения	Q_d	8 596,8	8 596,8
Теплопотери через дверь в зону фиксации	Q_D	5 014,8	3 582,0
Теплопотери через стену	Q_c	8 783,2	14 628,8
Теплопотери через крышу	$Q_{кр}$	3 524,9	5 871,0
Теплопотери через грунт	Q_e	3 163,68	4 137,1
Теплопотери на испарение влаги	Q_u	18 800	
Теплота на нагрев материала	$Q_{не}$	1 620	
Количество теплоты, подаваемое с сушильным агентом	Q_o	49 503	57 235,8

С учетом потерь теплоты в установки, которые были учтены в затратах на тепло, а также с учётом затрат на реконструкцию и эксплуатацию, получили, что срок окупаемости данного проекта составил 1,5 года.

Библиографический список

1. **Леонов И.П., Петренко А.Г., Псарев Г.М.** Пособие для табаководов. М.: Высшая школа. 1980.
2. **Чакветадзе Д.Е., Дьячкин И.И.** Справочник по закупкам и определению качества табачного сырья. М.: Колос. 1982.
3. **Добровольская А.Г., Бородий А.П.** Актуальные проблемы развития табаководства Молдавии. К.: Штиинца. 1979.

*И.А. Жукова, Н.Р. Сафарова, студ.;
Рук-ли В.М. Захаров, к.т.н., проф., Смирнов Н.Н., ст. препод.*

(ИГЭУ, г. Иваново)

К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ КАМЕРЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА НА ЧЕЛОВЕКА

Микроклимат представляет собой комплекс физических параметров среды помещения, влияющих на теплообмен человека с окружающей средой, его тепловое состояние и, соответственно, на самочувствие, здоровье, работоспособность.

Известно, что в соответствии с нормативной документацией для микроклимата устанавливаются оптимальные и допустимые параметры, причем в достаточно широком диапазоне. Эти параметры были определены еще в советские годы в лабораториях по физиологии человека.

Немаловажно при проектировании систем ОВК ориентироваться на физиологические потребности конкретного человека (группы людей). На основании этого к разработке предлагается климатическая камера, в которой будут испытываться не только строительные конструкции, но и моделироваться различные параметры микроклимата (в теплом отделении). С помощью различных методов (в том числе ГРВ биоэлектрографии) будет определяться реакция организма конкретного человека на изменения параметров. В ходе проведения экспериментов будет изучено влияние динамического микроклимата и применения положительных информационных свойств воды на самочувствие человека.

Компьютерное моделирование процессов в климатической камере было произведено в программе PHOENIX. Была создана трехмерная модель камеры, заданы объекты, их свойства, граничные условия.

Данная исследовательская установка будет создана при Управлении научной исследовательской работы со студентами ИГЭУ.