



М.В. Арщенко

Томский политехнический университет

ВТОРИЧНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУБСТРАТА В КАЧЕСТВЕ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ

Постоянно растущие цены на ископаемое органическое топливо делают весьма актуальными задачи изыскания альтернативных, постоянно возобновляемых источников энергии. Возникающий в существующем экономическом секторе технический потенциал получения биогаза является значительным и может приносить существенный энергодоход. Использование этого потенциала до сих пор находится на очень низком уровне. В особенности в будущем должно развиваться использование имеющейся в наличии тепловой энергии, чтобы существенно лучше использовать энергоресурсы. Получение тепловой энергии может внести значительный вклад в экономический доход биогазовой установки [1].

В схеме биогазовой установки наиболее энергопотребляющим элементом является анаэробный реактор, так как в нем необходимо поддерживать определенную температуру, компенсировать потери в окружающую среду и подавать теплоту на подогрев нового поступающего субстрата [2]. В связи с этим основной целью исследования является совершенствование технологической линии обогрева ферментера, обеспечивающей эффективное протекание процесса анаэробного сбраживания при минимальных затратах энергии.

В России биогазовые установки ещё не получили широкого распространения и по-прежнему доля получения энергии от биогаза остается на низком уровне. Германия же в этом вопросе имеет значительно больший опыт работы. Здесь активно внедряются биогазовые установки и ведутся исследования по их совершенствованию.

В рамках прохождения автором научной стажировки в Германии была рассмотрена идея предварительного обогрева нового субстрата, который поступает в ферментер с температурой 12°C (среднегодовая температура в г.Юлих, Германия), используя тепло отработанного субстрата. В качестве субстрата используется навоз КРС.



Данное энергосберегающее мероприятие позволит при эксплуатации биогазовых установок наиболее полно использовать тепло, полученное от трёх основных способов, так как обогрев самого ферментера будет осуществляться при помощи вторичного использования субстрата.

В качестве первого шага были рассмотрены энергетические показатели биогазовой установки в г.Бекуме Германия, работающей в данное время на сахарной свекле. Также данная установка может работать и на другом виде субстрата, например пшенице или навозе.

В ферментере происходит мезофильное брожение субстрата, для которого требуется поддерживать постоянную температуру на уровне 37,3°C, чтобы получать оптимальный выход биогаза. Обогрев ферментера происходит за счет конвективного теплообмена с водой температурами 60°C на входе и 51,6°C – на выходе. Трубы, по которым течет греющий теплоноситель (вода), забетонированы в стенах ферментера и расположены горизонтально по его периметру на расстоянии 5 сантиметров друг от друга. Конструктивные параметры для проведения расчета (диаметр ферментера, высота ферментера, материалы, диаметр труб, по которым течет греющая вода, температура в ферментере, температура окружающей среды) были приняты для расчета такими же, как для биогазовой установки в г. Бекум. Поскольку свойства воды и субстрата похожи, так как субстрат имеет высокую влажность, то значения температуропроводности, теплоемкости, теплопроводности, кинематической вязкости и число Прандтля было принято определять по таблице свойств воды.

В расчетах было определено количество теплоты, требуемой для поддержания постоянной температуры субстрата и на подогрев нового поступающего сырья.

Вторым и основным шагом было определение коэффициента теплоотдачи навоза с целью установления качеств навоза как теплоносителя.

Процесс теплоотдачи к твердой стенке от используемой в качестве нагреваемого теплоносителя воде изучен достаточно глубоко и поэтому его величина может быть определена по литературным источникам. Сложнее дело обстоит с выбором коэффициента теплоотдачи от поверхности трубы к протекающему по ней жидкому коровьему навозу. До настоящего времени отсутствуют научно обоснованные данные по теплоотдаче от стенки трубы к протекающему по ней навозу. Поэтому, требуется предварительное экспериментальное определение



коэффициента теплоотдачи для движущегося по трубе жидкого коровьего навоза.

Для достижения поставленной цели была разработана модель теплообменника («труба в трубе»), на ней проведены лабораторные исследования процесса теплопередачи при вынужденном движении субстрата по трубе.

Принципиальная схема экспериментальной установки приведена на рисунке 1.

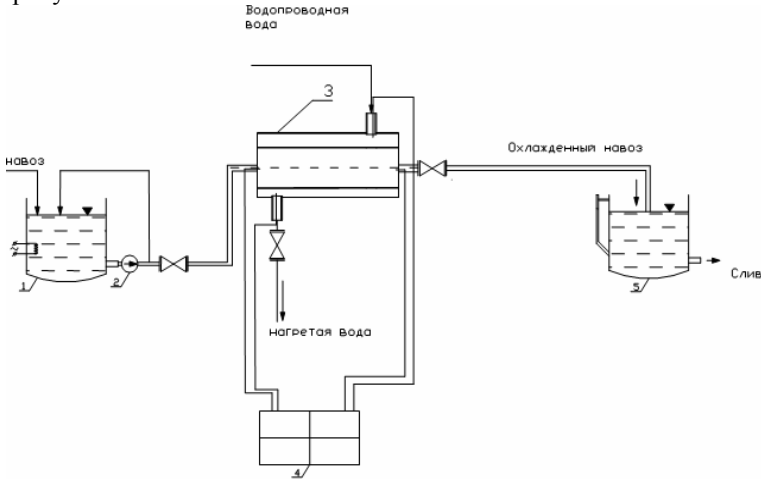


Рис.1. Принципиальная схема экспериментальной установки

Установка состоит из приемного резервуара 1, насоса 2, экспериментального теплообменника 3, измерительного прибора 4 и емкости для измерения расхода навоза 5, а также системы соединительных шлангов. Схема движения теплоносителей противоточная.

В работе была спроектирована и собрана лабораторная установка, а также смоделировано математическое описание протекающего в ней процесса. Была построена упрощенная модель.

В данном опыте был принят стационарный режим теплообмена, так как охлаждение поступающей в резервуар воды незначительно и в большей степени обусловлено потерями в окружающую среду.

Достоверность показания приборов была проверена проведением эталонного опыта на воде, так как уравнения для расчета коэффициента теплоотдачи для этого теплоносителя известны из литературы.

Результаты расчета показали, что невязка теплового баланса составила менее 2%. Результаты, полученные опытным путем, сошлись с



теоретически рассчитанными значениями. На основе этого можно сделать вывод о том, что экспериментальная установка дает истинные значения измеряемых величин.

Поскольку теоретические результаты сошлись с опытными при теплоносителях вода-вода, то в случае, когда нагреваемым теплоносителем является субстрат, а греющим – вода, позволительно для расчета теплоотдачи от воды применять формулы, использованные в теоретическом расчете.

Следующие испытания были приведены при нижеуказанных условиях:

Субстрат течет по медной трубке, которая погружена в резервуар с водой, где поддерживается постоянная температура. Температура измеряется на входе и на выходе из трубки при помощи термоэлемента Pt100. Так как время течения субстрата по трубе сравнительно невелико, и вода, находящаяся в резервуаре, обладает низкими инерционными качествами, то принято потерями в окружающую среду пренебречь.

Измерения проводились многократно. Соответствующий расчет проводился 10 раз с различными опытными данными, чтобы получить более точный результат.

На основе полученных в результате опыта данных было вычислено среднее значение коэффициента теплоотдачи для навоза. Расчет показал, что коэффициент теплоотдачи для навоза примерно составля-

$$\text{ет } 177,667 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}.$$

Обычно, при расчетах из-за высокой влажности субстрата (92%) его свойства приравнивают к свойствам воды. Для того чтобы определить, можно ли пользоваться в расчетах коэффициента теплоотдачи уравнениями Нуссельта для воды был проведен теоретический расчет коэффициента теплоотдачи для субстрата. Для этого использовалось уравнение Нуссельта для ламинарного течения воды.

$$Nu_{\text{г}} = \sqrt[3]{3,66^3 + 0,644^3 \cdot \text{Pr} \cdot (\text{Re}_{d_i} \cdot \frac{d_i}{l})^{2/3}} \cdot K_T, \quad (1)$$

При этом коэффициент теплоотдачи навоза составил $223,8 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$. Таким образом, разница между теоретическим и эмпи-

рическим значениями составила около 21%. Это подтверждает, что для определения коэффициента теплоотдачи навоза нельзя использовать уравнение Нуссельта для воды. Поэтому в будущем планируется



вывести новое уравнение Нуссельта для навоза и в дальнейшем использовать его в расчетах.

Проведенный опыт показал, что полученные результаты коэффициента теплоотдачи от проточной воды к движущемуся субстрату через разделяющую поверхность высоки и, подтверждают возможность обогрева нового субстрата, используя тепло отработанного субстрата. Эта идея может стать значительным энергосберегающим мероприятием в биогазовой установке.

В дальнейшем планируется провести рассмотрение и расчет биогазовой установки, в котором будет использоваться полученное значение коэффициента теплоотдачи субстрата. Идею предварительного обогрева нового субстрата, используя тепло отработанного субстрата, планируется рассмотреть в разных климатических условиях. При таких климатических условиях, где температура окружающей среды ниже, чем в Юлихе и субстрат поступает в ферментер с более низкой температурой (примерно 5°C) и эта идея будет иметь большее энергетическое значение и расцениваться как энергосберегающее мероприятие.

Библиографический список

1. Handreichung Biogasgewinnung und –nutzung. Bundesministerium fuer Verbraucherschutz, Ernaehrung und Landwirtschaft.
2. Столпнер Е. Б. Биогазовые технологии в Кыргызской республике. – Б. Типография «Евро», 2006. – 90с.

М.В. Арещенко, К.В. Слюсарский

Томский политехнический университет

АНАЛИЗ РАБОТЫ ТЕПЛОПОТРЕБЛЯЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ НЕПРЕРЫВНОГО И ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Интенсификация теплообмена является одним из основных направлений развития и усовершенствования тепловой аппаратуры пищевых производств. При этом широко используются положительные эффекты в интенсификации теплообмена, обнаруженные и исследованные в других областях химической техники и энергетики. За последние годы выполнен ряд работ по промышленному испытанию активных режимных методов интенсификации теплообмена в аппаратах химических и пищевых производств (И.М. Федоткин, КТИПП). К ним относятся изменение



режимных характеристик течения, дополнительная турбулизация потока за счет пульсации, вдувания воздуха и др. Намечены пути комплексной интенсификации теплообмена, достигаемой при совместном воздействии различных эффектов. Ведется ускоренная разработка новых типов поверхностей нагрева компактных теплообменников, эффективность которых оценивается промышленными данными о связи теплоотдачи с гидродинамическим сопротивлением.

Но, не смотря на то, что современные аппараты непрерывного действия стремительно развиваются и усвершенствуются, теплообменные аппараты периодического действия, не имея столь огромного количества способов интенсификации теплообмена, продолжают широко использоваться на промышленных предприятиях. При этом расчет таких теплообменных аппаратов вызывает трудности, так как существует необходимость в обеспечении равномерного нагрева.

В ходе работы был произведен расчет варочного оборудования ООО ТПК «САВА», производящей продукты питания. На предприятии имеются варочные котлы рубашечного типа, предназначенные для варки фруктового пюре. Нагревание происходит до температуры кипения массы (с 30°C до 90°C) в течение 1 часа.

Процесс варки состоит из двух этапов: нагрев до определенной температуры, когда происходит максимальное потребление пара и сам процесс варки, когда необходимо только поддерживать температуру увариваемой среды, то есть происходит компенсация теплопотерь.

При расчете варочного котла как теплообменного аппарата непрерывного действия этот фактор не учитывается, поэтому после периода нагрева поступление пара в аппарат продолжается в том же количестве, в результате чего не происходит его конденсация и в конденсатопровод идет пролетный пар. Расчет проводится по уравнениям теплового баланса, при этом расход греющего пара составляет 71,9 кг/ч [3].

При произведении расчета теплообменного аппарата рубашечного типа как аппарата периодического действия все величины являются переменными: температура нагреваемого пюре, расход греющего пара, производительность (расход тепла) (табл.1) [4]. При этом следует составлять графики подачи пара (рис.1).



Таблица 1

Расчет теплообменного аппарата рубашечного типа

Продолжительность работы τ , ч	Момент пуска	0,25	0,5	1
Расход греющего пара, кг/ч $G = kF \cdot \frac{t_H - t_2}{i'' - t_H} \cdot e^{-\frac{kF \cdot \tau}{G_2 \cdot c_2}}$	95,79	72,9	55,48	32,13
Производительность (расход тепла), кДж/ч $Q = G_1 \cdot (i'' - t_H)$	247 780	188 570	143 510	83 110

В результате проведенных расчетов двумя способами были получены результаты, отличающиеся на 11%, т.е. при периодической подаче пара средний расход его составит $G_{ср}=64$ кг/ч, а при непрерывной – $G=71,9$ кг/ч [2].

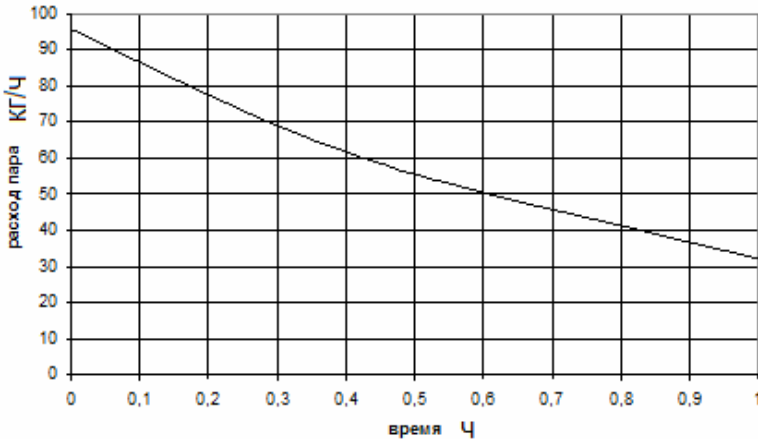


Рис.1. График подачи пара

Следовательно, 11-ти процентное увеличение подачи пара приведет к перерасходу сжигаемого топлива, что в настоящее время является существенным недостатком с точки зрения энергосбережения. Также при периодической подаче пара идет резкое



снижение его потребления и уже через 15 минут после пуска варочного котла расход теплоносителя уменьшается до расхода пара при его непрерывной подаче, а с увеличением времени до 1 часа составит вдвое меньшее значение от первоначальной величины.

Рассматриваемый вопрос чрезвычайно важен для производителей, так как существенным требованием, предъявляемым к теплообменному аппарату, является обеспечение заданного технологического процесса, поскольку даже малые отклонения от номинальных параметров могут привести к его нарушению.

В отличие от прочих теплообменников, нужно обратить большое внимание на расчет теплообменников рубашечного типа, при этом не желательно прибегать к расчету по уравнениям теплового баланса, так как это не позволяет учитывать периодичность процесса. Но на производстве этим зачастую пренебрегают и используют непрерывную подачу теплоносителя, обусловленную технико-экономическими расчетами малых производств, которым проще немного переплатить за топливо, чем устанавливать дорогостоящие автоматические системы регулирования.

Подводя итог, следует отметить, что контроль подачи пара обеспечит точное соблюдение технологического процесса, снизит расход тепла и приведет к экономии топлива, а, следовательно, станет значительным шагом на пути к энергосбережению.

Библиографический список

1. Лебедев П.Д. Теплообменные, сушильные и холодильные установки. Тепломассообменные и холодильные установки : учебное пособие / П. Д. Лебедев. — 2-е изд., перераб. — М. : Энергия, 1972. — 320 с.
2. Лебедев П.Д. Теплоиспользующие установки промышленных предприятий. Курсовое проектирование : учебное пособие / П. Д. Лебедев, А. А. Шукин. — М. : Энергия, 1970. — 408 с.
3. Внутренние санитарно-технические устройства в III ч, ч.I. Отопление/В.Н. Богословский, В.А. Крупнов, А.Н. Сканави и др., под ред. И.Г. Старовойтова и Ю.И. Шиллера. — 4 изд., перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1990 — 344с.
4. Вукалович М.П. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара / М. П. Вукалович, С. Л. Ривкин, А. А. Александров. — М. : Изд-во стандартов, 1969. — 408 с.



АНАЛИЗ АСПЕКТОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ЭКОЛОГИИ НА ПЕРИОД ДО 2020 ГОДА

Энергетическая стратегия Томской области определяет условия, цели, приоритеты и задачи развития топливно-энергетического комплекса (ТЭК) области и основных его стратегий. В энергетической стратегии определены основные направления развития ТЭК области, даны рекомендации по наращиванию тепловых и электрических мощностей с оценкой потребности в инвестициях и баланса топливно-энергетических ресурсов.

Основными составляющими энергетической стратегии Томской области являются:

- проведение промышленной инвестиционной политики в отраслях топливно-энергетического комплекса, обеспечивающей более эффективное использование энергетических ресурсов области для повышения жизненного уровня населения и экономического роста региона;
- оздоровление окружающей среды в районах массового производства и потребления топливно-энергетических ресурсов на основе новейших технологий и рационального их размещения.

С учетом Программы газификации Томской области предусматривается к 2010 г. замена 10% существующих мощностей угольных, мазутных и нефтяных котельных на новые газовые котельные. В дальнейшем предполагается замена 20% мощностей к 2015 г. и 30% – к 2020 г. При вводе тепловых мощностей на котельных учитывается, что мощностей новых угольных котельных не должно быть больше 25%, а мазутных и нефтяных не более 3% в суммарном объеме.

Анализируя динамику структуры потребления котельно-печного топлива (КПТ), можно сделать вывод о постепенном росте доли природного газа в потреблении от 52% в 2000 г. до 67% в 2020 г. (табл.2).

В рассматриваемой перспективе доля угля в структуре потребления котельно-печного топлива будет оставаться на уровне 17-23%. Для мазута в потреблении КПТ остаётся стабильной на уровне 2%.

К 2020 г. несколько сократятся (по сравнению с 2000 г.) доли использования нефти (с 7% до 3%) и прочих видов топлива (с 15% до 11%).



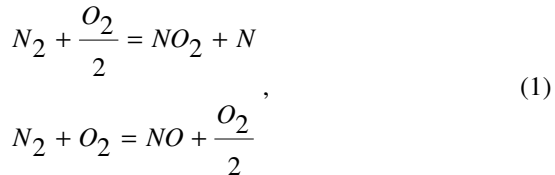
В связи с тем, что наблюдается рост потребления КПП от 5804 тыс. ту.т. В 2000 г. до 8954 тыс. ту.т. В 2020 г., увеличатся вредные выбросы в окружающую среду.

В ходе работы были произведены расчёты выброса золы в воздушный бассейн Томской области. С учётом того, что КПД золоуловителей, установленных у потребителей угля, не менее 90%, доля выбрасываемой золы составляет 1,75% от количества сжигаемого угля. Поскольку потребление угля остаётся практически на прежнем уровне, количество выбросов золы изменяется незначительно от 23,8 тыс.т. в 2000 г. до 26,8 тыс.т. В 2020 г., с некоторым увеличением до 30,55 тыс.т. в 2010 г. (табл.3).

С переводом на газообразное топливо отопительных и производственно-отопительных котельных значительно увеличатся выбросы оксидов азота NO и NO₂.

Оксиды азота весьма токсичны, они образуются вследствие окисления азота, содержащегося в топливе и в воздухе. Оксиды азота образуются при сжигании углей, мазута, природного газа.

Концентрация оксидов азота быстро возрастает с повышением температуры и достигает существенных значений при температуре выше 1750°С. При этом, наибольшую концентрацию имеет низший оксид NO, в то время как содержание высших оксидов NO₂ и N₂O₄ является незначительным. Окисление азота можно представить следующим образом:



Образовавшийся в ядре горения топочной камеры NO практически не может быть окислен кислородом дымовых газов за то короткое время, измеряемое секундами, в течение которого газы движутся в пределах парогенератора, внешних газоходов и дымовой трубы.

Таким образом, выбрасывается в основном оксид NO, который постепенно может окисляться до NO₂ при движении в атмосферном воздухе.

Ниже приводится один из методов расчёта содержания оксида азота в дымовых газах.

Количество оксидов азота (в пересчёте на NO₂), выбрасываемых в единицу времени (т/год), рассчитывают по формуле:



$$M_{NO_2} = 0,001 \cdot B \cdot Q_H^P \cdot k_{NO_2}, \quad (2)$$

где B – расход топлива за рассматриваемый период времени, т/год, тыс. м³/год; Q_H^P – теплота сгорания топлива, МДж/кг, МДж/м³; k_{NO_2} – параметр, характеризующий количество оксидов азота, образующихся на 1 ГДж тепла, кг/ГДж.

Значение параметра k_{NO_2} зависит от видов топлива и номинальной нагрузки котлоагрегатов.

Таблица 1

Потребление котельно-печного топлива
в Томской области, тыс. ту. т.

Показатели	годы				
	2000	2005	2010	2015	2020
Потребление котельно-печного топлива	5803	7027	8462	8382	8954
Уголь	1355	1479	1742	1505	1531
Газ	3038	4028	5234	5456	6005
Нефть	431	453	383	347	300
Мазут	136	165	198	181	179
Прочие виды	843	902	905	893	939

Таблица 2

Структура потребления котельно-печного топлива, %

Показатели	годы				
	2000	2005	2010	2015	2020
Потребление котельно-печного топлива	100	100	100	100	100
Уголь	23	21	21	18	17
Газ	52	57	62	65	67
Нефть	7	6	5	4	3
Мазут	2	2	2	2	2
Прочие виды	15	13	13	11	11



Таблица 3

Показатели	годы				
	2000	2005	2010	2015	2020
Выброс золы, тыс. т.	23,8	25,9	30,55	26,4	26,8
Выброс оксидов азота, т.	16,05	19,80	24,93	24,55	26,45
При сжигании угля	6,23	6,68	8,01	6,92	7,04
При сжигании газа	9,82	13,00	16,92	17,63	19,41

Результаты расчётов выбросов диоксида азота при потреблении угля и природного газа в качестве КПП представлены в табл. 3, откуда видно, что к 2020 году количество выбросов оксида азота увеличится на 65%.

Для снижения содержания оксидов азота в выбрасываемых в атмосферу продуктах сгорания необходимо подавлять их образование в топочной камере котельных агрегатов. Одним из наиболее эффективных методов по подавлению оксидов азота является снижение коэффициента снижения воздуха. В настоящее время имеется опыт работы энергетических котлоагрегатов с коэффициентом избытка воздуха 1,02 – 1,03 при сжигании природного газа и мазута. Также применяются рециркуляция продуктов сгорания в топочную камеру, двухстадийное сжигание топлива, подача воды и пара в зону горения. Основными параметрами, влияющими на выброс оксидов азота в окружающую среду, являются количество сжигаемого топлива (при сжигании природного газа или мазута образуется меньшее количество оксидов азота, нежели при сжигании углей) и способы шлакозолоудаления при сжигании углей (твёрдое шлакозолоудаление более эффективно, по сравнению с жидким), а также выход оксидов азота на 1 т. сожженного условного топлива, который определяется паро- и теплопроизводительностью используемых котлов.

Выход оксидов азота на котельных малой тепло- и паропроизводительности значительно ниже, чем на крупных котельных.

Загрязнение воздушной среды котельными установками связано с выбросами в дымовую трубу продуктов неполного сгорания, которые содержат диоксид углерода CO_2 , водяные пары H_2O , токсичные оксиды серы SO_2 и SO_3 (сернистый и серный ангидриды) и мелкодисперсную золу.

Для уменьшения вредных выбросов в атмосферу летучей золы устанавливаются золоуловители.

Уменьшению выбросов сернистых соединений возможно осуществить путём очистки мазута на нефтеперерабатывающих заводах или



непосредственно в котельных до его сжигания, также путём очистки дымовых газов от оксидов серы.

Вследствие того, что очистка мазута от серы на нефтеперерабатывающем заводе требует больших капитальных затрат, а в котельной ещё и сложных установок, она не применяется.

Поскольку потребление мазута в качестве КПТ остаётся стабильным на уровне 2%, значит, и количество оксидов серы SO_2 и SO_3 , выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами котлоагрегатов, остаётся на прежнем уровне.

Следовательно, воздействие оксидов серы на воздушный бассейн Томской области не усугубит складывающуюся ситуацию.

Библиографический список

1. Энергетическая стратегия Томской области на период до 2020 года (Концепция и основные положения)/ Администрация Томской области, Департамент энергетики, транспорта, связи и дорожного хозяйства, ОАО «ГАЗПРОМ», ДООО «ПРОМГАЗ», проектно-аналитический центр «ЛОРЕС», ОАО «ВОСТОКГАЗПРОМ», ОАО «ТОМСКГАЗПРОМ», Российская академия наук, Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева. – Томск, 2001.

2. Эстеркин Р.И. Теплотехнические измерения при сжигании газового и жидкого топлива. – Л.: Недра, 1981. – 424 с.

Н.А. Бабушкин

Томский политехнический университет

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ РОССИИ

Мировая экономика в настоящее время взяла курс на переход к рациональному сочетанию традиционных и новых источников энергии (альтернативные источники получения энергии). Тепло Земли занимает среди них одно из первых мест.

За долгие века гравитационные и другие процессы внутри Земли генерировали и генерируют тепловую энергию. Некоторая ее доля излучается в космическое пространство, а теплота аккумулируется в недрах, то есть теплосодержание твердой, жидкой и газообразной фаз земного вещества и называется геотермальной энергией.

Общий вынос тепла недр к земной поверхности втрое превышает современную мощность энергоустановок мира и оценивается в 30 ТВт.

Однако очевидно, что возобновляемое имеет значение лишь для ограниченных природных ресурсов, а общий потенциал геотермальной энергии является практически неисчерпаемым, поскольку его следует



определять как общее количество теплоты, которым располагает Земля.

В последние десятилетия, в мире рассматривается направление более эффективного использования энергии глубинного тепла Земли с целью частичной замены природного газа, нефти, угля. Это станет возможным не только в районах с высокими геотермальными параметрами, но и в любых районах земного шара.

Отечественная идея извлечения основных геотермальных ресурсов, заключенных в твердых породах, была высказана еще в 1914 г. К.Э. Циолковским, а в 1920 г. геотермальная циркуляционная система (ГЦС) - в горячем гранитном массиве описана В.А. Обручевым.

В 1963 г. в Париже была создана первая геотермальная циркуляционная система извлечения тепла пород пористых пластов для отопления и кондиционирования воздуха в помещениях комплекса «Бродкастин Хаос». В 1985 г. во Франции работало уже 64 ГЦС общей тепловой мощностью 450МВт при годовой экономии примерно 150 тыс. т нефти. В том же 1985 году первая подобная ГЦС была создана в СССР в Ханкальской долине около г. Грозного.

Многие страны уже активно осваивают свои гидрогеотермальные ресурсы для выработки весьма безопасной и дешёвой электроэнергии, теплофикации жилых зданий и теплохладоснабжение промышленных объектов, горячего водоснабжения, интенсификации нефтеотбора и нефтеотдачи пластов, обогрева теплиц и парников, почв, а также рыбопродуктивных прудов и плавательных бассейнов, мойки и сушки сельскохозяйственной и промышленной продукции, теплоорошения, извлечения техноценных компонентов, организации санаторно-курортного лечения и промышленного розлива лечебных вод, спортивно-оздоровительных и рекреационных комплексов, размораживания грунтов и рудных россыпей и т.п.

Ресурсы геотермальной энергии разделяются на гидрогеологические и петрогеотермальные. Первые из них представлены теплоносителями (составляют всего 1% от общих ресурсов геотермальной энергии) - подземными водами, паром и пароводяными смесями. Вторые представляют собой геотермальную энергию, содержащуюся в раскаленных горных породах.

Применяемая в нашей стране и за рубежом фонтанная технология (самоизлив) добычи природного пара и геотермальных вод проста, но неэффективна.

В то же время опыт подтверждает, что наиболее выгодный вариант использования геотермальной энергии – это строительство Гео-



ТЭС. Использование ГеоТЭС показало, что они способны конкурировать с другими, уже используемыми, энергоустановками.

Но месторождения пара невелики. Гораздо более распространенные месторождения теплоэнергетических вод далеко не всегда расположены достаточно близко от потребителя - объекта теплоснабжения. Именно это исключает возможность крупных масштабов их эффективного использования.

По предварительным оценкам на территории Российской Федерации прогнозные запасы термальных вод с температурой 40...250°C, минерализацией 35...200г/л и глубиной залегания до 3000м составляют 21...22 млн. м³/сут., что эквивалентно сжиганию 30...40 млн. т у.т. в год.

По прогнозам запасы паровоздушной смеси с температурой 150...250 °С полуострова Камчатка и Курильских островов составляет 500 тыс. м³/сут. и запасы термальных вод с температурой 40...100°C - 150 тыс. м³/сут.

Первоочередными для освоения считаются запасы термальных вод с дебитом около 8 млн. м /сут., с минерализацией до 10г/л и температурой выше 50 °С.

Самое высокое значение для энергетики будущего имеет извлечение тепловой энергии, практически неисчерпаемых, петрогеотермальных ресурсов. Эта геотермальная энергия, заключенная в твердых горячих породах, и составляет 99% от общих ресурсов подземной тепловой энергии. На глубине до 4-6 км массивы с температурой 300-400°C можно встретить лишь вблизи промежуточных очагов некоторых вулканов, но горячие породы с температурой 100...150°C распространены на этих глубинах почти повсеместно, а с температурой 180...200°C на довольно большой части территории России.

Если посмотреть на то, что Томская область располагается в центральной и окраинной частях Западно-Сибирской провинции привело к пространственному её разделению по гидрогеохимическим и гидротермическим условиям на западную (Обь-Иртышскую с повышенными геотермическими свойствами и минерализацией вод) и восточную (Обь-Енисейскую с пониженными геотермическими свойствами и минерализацией вод) части. Томская область располагает 40-50% геотермальных ресурсов Западной Сибири, на долю которой в общем российском геотермальном балансе приходится около 70%. По набору типов лечебных и техноценных вод и яркости их расположения в разрезе ей нет равных в Западной Сибири.



В условиях Томска применение теплонасосных установок (ТНУ) возможно для теплоснабжения индивидуальных домов, которые не подключены к системам централизованного теплоснабжения. Ключевым вопросом, от которого в значительной степени зависит применение теплового насоса, является вопрос об источнике низкопотенциального тепла.

Извлечение подземной тепловой энергии горячих непроницаемых пород, на основе освоенных и давно практикуемых в нефтегазовой промышленности методов наклонного бурения и гидроразрыва не вызвали сейсмической активности, ни каких-либо иных вредных воздействий на окружающую среду.

В настоящее время исследования и разведка геотермальных ресурсов ведется в 65 странах. В настоящее время мощность геотепло-технических систем (ГеоТТС) в мире превышает 8000 МВт (51 млрд кВтч/год) и должна возрасти к 2010 г. до 100 млрд кВтч/год и к 2020 г. - до 200 млрд. кВтч/год [89]. Мощность ГеоТТС в США достигает 5366 МВт, в Японии - 1159 МВт, в России - 307 МВт.

Опыт использования геотермальных ресурсов в Западной Сибири в энергетических целях и для решения социальных проблем небольшой: Омск, Карачи, Татарск, Ялуторовск, Тюмень, Чажемто, Ханты-Мансийск, Тобольск - использование минеральных вод для промышленного розлива и водолечебниц с частичным попутным снятием тепла для обогрева лечебных и производственных помещений. Татарск и Колпашево - частичное и весьма эффективное хозяйственно-питьевое использование термальных вод. Омск и Тюмень - тёплые рыбопродукционные пруды круглогодичного нагула. Тюмень - промышленное извлечение из термальных вод йода. В указанных городах и посёлках имеются небольшие тепличные хозяйства, тёплые оздоровительные души и плавательные бассейны. Но в целом использование гидрогеотермальных ресурсов весьма низкое. Активную поддержку в освоении геотермальной энергии оказывает ООН.

Во многих странах мира накоплен достаточный опыт использования геотермальных теплоносителей показывает, что использование геотермальных теплоносителей в 2...5 раз выгоднее тепловых и атомных энергоустановок. Расчеты показывают, что за год одна геотермальная скважина может обеспечить замещение 158 тыс. т. угля.

Таким образом, тепло Земли представляет собой, пожалуй, единственный крупный, восполняемый энергоресурс, рациональное освоение которого обещает удешевление энергии по сравнению с современной топливной энергетикой. При столь же неисчерпаемом энергетиче-



ском потенциале солнечные и термоядерные установки, к сожалению, будут дороже существующих топливных.

Несмотря на весьма длительную историю освоения тепла Земли сегодня геотермальная технология еще не достигла своего высокого развития. Освоение тепловой энергии Земли испытывает большие трудности при строительстве глубоких скважин, являющихся каналом для вывода теплоносителя на поверхность. Отечественная измерительная техника, серийная эксплуатационная арматура и оборудование выпускаются в исполнении, допускающем температуры не выше 150...200 °С.

Традиционное глубокое механическое бурение скважин довольно часто затягивается на годы и требует значительных финансовых затрат, в основных производственных фондах стоимость скважин составляет от 70 до 90%. Решить эту проблему можно и нужно лишь путем создания прогрессивной технологии разработки основной части геотермальных ресурсов, то есть извлечения энергии горячих пород.

Создание в России в ближайшие годы соответствующих мощностей по использованию геотермальной энергии для неэлектрических нужд позволит заменить около 600 млн. т.у.т. Экономия может составить до 2 трлн. руб.

В срок до 2030 г. появляется возможность создания энергетических мощностей по замене огневой энергетики до 30%, а до 2040 г. почти полностью исключить органическое сырье в качестве топлива из энергетического баланса Российской Федерации. Анализ термальных подземных вод при насосном способе эксплуатации составляет около 60 млн. Гкал при фонтанном 20 млн. Гкал. Проведенные исследования энергетического потенциала термальных вод показали, что энергетические проблемы Томской и других областей РФ могут быть успешно решены с помощью малой энергетики.

Н.А. Бабушкин

Томский политехнический университет

ВАРИАНТЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА ОАО «ТОМСКОЕ ПИВО»

ОАО «Томское пиво» осуществляет деятельность по производству пива и безалкогольных напитков. В настоящее время завод ОАО «Томское пиво» выпускает пиво более 2000000 дал. в год, 26 наименований продукции. Поскольку процесс пивоварения очень сложен, имеет много стадий производства, то, прежде всего, характеризуется раз-



нообразным потреблением энергии. В данной работе был проведен анализ потребления энергии предприятием.

В ходе работы были поставлены следующие задачи:

1) Произвести анализ потребления теплоты предприятием. Так как имелись данные только по общему количеству тепла отпущенного котельной.

2) В связи с расширением производства провести расчеты по покрытию нагрузок существующим оборудованием котельной.

3) Произвести замеры потерь сбросной воды после внутреннего споласкивания бутылок. И провести анализ использования этой теряемой воды.

Процесс пивоварения непосредственно связан с энергопотреблением. Тепловая энергия на производстве представлена в виде горячей воды и пара. Котельная ОАО “Томское пиво” предназначена для выработки тепловой энергии (насыщенный пар) и поддержания тепловой нагрузки. Конденсат с производства в тепловую схему не возвращается. Потери пара, отпущенного на производство, восполняются химводоочисткой (ХВО) котельного цеха. В задачу расчета входило определение расхода пара на предприятии в целом. Результаты приборного обследования параметров среды в трубопроводах котельной:

1) Расход питательной воды перед котлами составил $G=8,5$ т/час, ее температура $T=81^{\circ}\text{C}$.

2) Расход добавочной хим. очищенной воды составил $G=2,5$ т/час. Температура воды $T=10^{\circ}\text{C}$.

На основании проведенных измерений и анализа расчетного баланса составлен фактический баланс пара на момент обследования.

Таблица 1

Фактический баланс пара на момент обследования

№ п/п	Наименование потребителя	Расход пара, т/ч
1	Отопление	0
2	ГВС	0
3	Собственные нужды котельной	
4	Технологические нужды предприятия	8,5
	Итого	8,5

При увеличении объемов производства продукции существующее оборудование котельной не сможет обеспечить требуемую тепловую нагрузку. В связи с этим будет производиться реконструкция котельной с использованием котлов большей производительности.

Для повышения энергоэффективности предприятия необходимо:



- наличие конденсатопроводов, которые уменьшают расход пара на 15%;

- наличие теплоизоляции на арматуре и фасонных частях теплопроводов, которые уменьшают потери в них на 10-30%.

Водопотребление на предприятии ОАО «Томское пиво».

В производстве вода относится к основному ресурсу, поскольку она является составляющей готовой продукции предприятия.

При помощи портативного расходомера PORTAFLOW 300 производства фирмы Micropics были произведены замеры потерь воды после споласкивания бутылок на разливаюкупорочном блоке.

Согласно замерам расход сбросной воды составляет $1,831\text{ м}^3/\text{час}$. Это значит, что объем теряемой воды в день составляет $43,943\text{ м}^3$, а за год - $16039,21\text{ м}^3$.

В качестве энергосберегающих мероприятий было рассмотрено несколько вариантов использования этой сбросной воды:

- на споласкивание бутылок после розлива пива;
- восполнение потерь воды в оборотном водоснабжении.

Электропотребление на предприятии ОАО «Томское пиво»

Цеховыми счетчиками учитывается 62% электроэнергии от общего потребления. Расход электроэнергии на предприятии колеблется в пределах от 1,3 до 1,7 тыс.кВт·ч/тыс. дал. В книге зав.кафедры Екатеринбургского университета «Энциклопедия энергосбережения» приведены нормы потребления энергии предприятием, производящим пиво, которые составляют $0,8 \div 1,1$ тыс.кВт·ч/тыс. дал, а передовые компании дают данные о $0,5 \div 0,8$ тыс.кВт·ч/тыс. дал.

В связи с этим можно сделать вывод, что у предприятия есть резерв для экономии электроэнергии.

С.В. Любимый, М.В. Арещенко

Томский политехнический университет

ПРОБЛЕМЫ СИСТЕМЫ ХОЛОДОСНАБЖЕНИЯ ОАО ТКФ "КРАСНАЯ ЗВЕЗДА" И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Температурный уровень окружающей среды в наземных условиях подвержен значительным колебаниям, как в течение суток, так и в течение года и не поддается регулированию, что не отвечает требованиям современного материального производства, жизни и быта людей. Поэтому с развитием научно-технического прогресса в последние десятилетия естественное охлаждение практически во всех сферах деятельности человека заменяют искусственным.



ОАО ТКФ «Красная звезда» (г. Томск) использует холод для охлаждения продукции. Используется холод на протяжении всего года – и в летний период, и в зимний. В связи с этим возникает необходимость выработки холода, особенно в летний период.

Компрессорная работает в течение года с середины апреля до середины октября. В зимний период забор холодного воздуха осуществляется непосредственно с улицы вентиляторами.

Потребителями холодного воздуха являются следующие цеха:

- Карамельный;
- Конфетный.

Система воздухопроводов проведена в карамельном цехе:

1. АОК (двухъярусный транспортер);
2. линия «Монпансье»;
3. узкий ленточный транспортер

Система воздухопроводов проведена и в конфетном цехе:

4. пралиновая линия (шкаф для охлаждения жгутов и глазирование корпусов);
5. вафельная линия (охлаждающий шкаф);
6. зефирная линия (глазирование);
7. птичье молоко (глазирование);
8. линия – ирис в завертке (охлаждающий транспортер);
9. линия для отливки конфет (камера непрерывной выстройки и глазирование корпусов).

Система холодоснабжения эксплуатируется более 20 лет. На основании обследования, проведенного на кондитерской фабрике «Красная звезда», были выявлены проблемы, возникающие при эксплуатации систем холодоснабжения: на предприятии отсутствуют данные по количеству потребляемого холода отдельными потребителями; рассол имеет ярко выраженный ржавый цвет, который говорит о полной изношенности труб; из-за многочисленных переделок, которые проводились без предварительных расчетов, схемы стали более сложными, что повлекло за собой увеличение гидравлических соединений; любая конвейерная линия использует вентиляторы, на которые нет паспортных данных; отсутствуют системы автоматизации работы вентиляторов и насосов; воздухоохладители были изготовлены на месте из оребренных труб (способ соединения труб – нетиповой).

На ОАО ТКФ «Красная звезда» используется рассольная схема охлаждения, где в качестве хладоносителя используется хлорид кальция, а хладагентом является аммиак. В системе получения холода используются две парожидкостные компрессорные установки. Одна из



них работает на карамельный цех, а другая на конфетный. Возврат хладоносителя осуществляется в бак.

Достоинства этой системы: хорошее удаление воздуха, уменьшенный расход электроэнергии на циркуляцию рассола, уменьшенный расход соли на поддержание постоянной концентрации рассола (так как рассол не соприкасается с воздухом, не поглощает из воздуха влаги и не разжижается), уменьшенная коррозия испарителя и рассолопроводов (так как количество растворенного в рассоле воздуха незначительно), равномерное распределение рассола по охлаждающим приборам камер.

Кроме рассольного охлаждения ещё используется воздушное охлаждение, а у некоторых потребителей осуществляется охлаждение водой. Это ещё один недостаток системы, поскольку нет единой системы снабжения холодом.

В процессе расчета были определены расчетные объемы воздуха, которые позволяют оценить проблему холодоснабжения. На основании анализа определены и сформулированы мероприятия, которые, в конечном итоге, приведут к созданию технологических систем холодоснабжения:

- создание единой системы холодоснабжения для потребителей, использующих рассольное охлаждение;
- создание автономной системы холодоснабжения для потребителей, использующих холодный воздух;
- к рассмотрению предлагается вариант использования энергии потока сжатого природного газа (вихревая труба).

Вихревой эффект (эффект Ранка-Хилша) реализуется за счёт перепада давления газа и заключается в снижении температуры центральных слоев закрученного потока и нагреве периферийных слоев. Он был обнаружен французским инженером Ранком в 1931 году и экспериментально изучен немецким физиком Хилшем в 1946 году. Начало реального применения этого эффекта в технике приходится на середину пятидесятых годов, в первую очередь в малорасходных вихревых трубах индивидуального кондиционирования, где рабочим телом служил воздух. С тех пор происходит расширение диапазона производительности и области их применения.

Основные элементы вихревой трубы (рис.1): цилиндрическая труба 1, соединенная с распределительной головкой 2, которая содержит тангенциальный сопловой ввод 3, диафрагма 4, примыкающая к камере, трубы холодного 5 и горячего потоков 8 и вентиль - конус 7 на горячем конце трубы для обеспечения необходимого соотношения



потоков (6 – корпус вентиля). Аппарат работает следующим образом: сжатый газ, расширяясь в сопле, разгоняется до скорости звука и интенсивно закручивается. При этом в рабочем объеме вихревой трубы формируется высокоскоростной вихревой поток, в котором и возникает эффект Ранка-Хилша. Внутренние - охлажденные - слои газа отводятся через диафрагму в виде холодного потока, а периферийные - нагретые - в виде горячего потока через вентиль и трубу горячего потока.

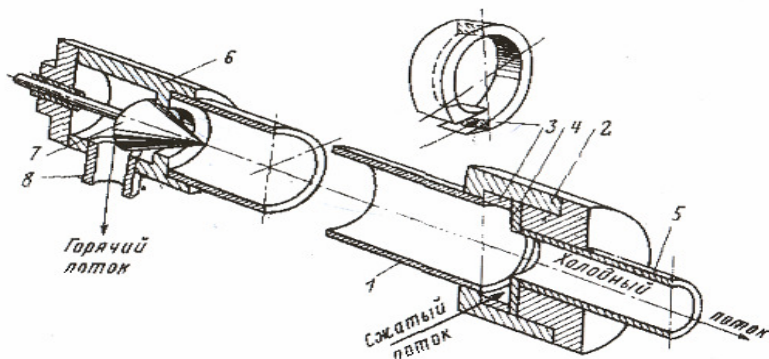


Рис.1. Общий вид вихревой трубы

По термодинамической эффективности вихревая труба занимает промежуточное положение между дросселем и детандером. Однако, по своей конструктивной простоте, небольшим габаритам и надежности, не идёт ни в какое сравнение с таким сложным устройством, как турбодетандерный агрегат. Разработанные вихревые трубы не только генерируют холод, но одновременно обеспечивают сепарацию газовых потоков от конденсирующихся компонентов. Они имеют плавно изменяемую геометрию соплового ввода, что позволяет эксплуатировать их как регулирующие вентили.

Полученный таким простым способом холод может быть использован на ОАО ТКФ «Красная звезда» в технологических целях, для охлаждения продукции. Особенно выгодно применять вихревые трубы на технологических потоках газа, энергия давления которых безвозвратно теряется при дросселировании.

Основные преимущества вихревых установок:

- большая холодопроизводительность по сравнению с дросселированием



- конструктивная простота, компактность и низкие капитальные затраты
- возможность одновременного охлаждения и нагрева газов
- возможность работы на агрессивных и взрывоопасных газах, меньшая чувствительность к изменению состава
- автоматическое регулирование в широком диапазоне расхода газа
- очень короткое время запуска
- высокий ресурс работы за счёт отсутствия движущихся деталей

Рассмотрена схема использования вихревой трубы (рис. 2). Если температура газа недостаточна для обеспечения заданного температурного режима, возможно использование вихревой трубы для разделения потока газа на горячий, который идет потребителю, и холодный, который будет использован для получения холода. Стоит отметить, что поток, идущий на получение холода (холодный) будет намного меньше потока, идущего потребителю (горячий), следовательно, понижение температуры $\Delta t_{\text{Х}}$ будет максимально возможным.

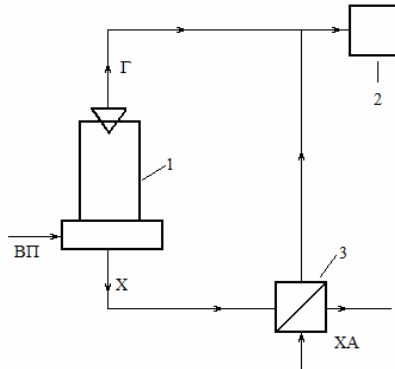


Рис.2. Схема подогрева газа и получения холода

Природный газ (входной поток - ВП) давлением примерно 1 МПа по трубопроводу поступает в вихревую трубу 1, где разделяется на горячий Г и холодный Х потоки. Горячий поток поступает на газовые горелки котла 2, будучи нагретым до нужной температуры. Холодный поток направляется в теплообменный аппарат 3, где газ, нагреваясь, получает тепло от хладагента ХА, охлаждая его. Если процесс теплообмена холодного потока с хладагентом организовать таким образом,



чтобы поток приобрел после него достаточно высокую температуру, газ можно направить в горелки, предварительно смешав его с горячим потоком.

Таким образом, потенциальная энергия потока газа, теряющаяся при дросселировании в обычном технологическом процессе, полезно используется для получения холода.

Работа таких систем будет максимально эффективной при любых условиях и параметрах.

Библиографический список

1. Мартынов А.В., Бродянский В.М. Что такое вихревая труба? – М.: Энергия, 1976, 152с.
2. Вулис Л.А., Кострица А.А. Элементарная теория эффекта Ранка. – «Теплоэнергетика», 1962, №10, с. 72-77.
3. Ионин А.А. Газоснабжение : учебник / А.А.Ионин – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1975, 439с.

Е.С. Садовников, А.А. Цырфа

Томский политехнический университет

ВОДОТОПЛИВНАЯ ЭМУЛЬСИЯ

Эмульсией называется дисперсная система, состоящая из двух не растворяющихся друг в друге жидкостей, одна из которых (дисперсная фаза) распределена в виде мелких частиц в другой (дисперсионной среде). Эмульсии с водной дисперсной средой называются прямыми. Если же вода является дисперсной фазой, то такая эмульсия называется обратной. Обычно в названии эмульсии сначала указывается дисперсная фаза, а затем дисперсионная среда. Так, смесь, состоящая из водной дисперсной и топливной дисперсионной фаз, называется водотопливной эмульсией (ВТЭ).

Значительное повышение экономичности работы паровых котлов может быть достигнуто за счет сжигания вместо «чистого» мазута мелкодисперсной водотопливной эмульсии (ВТЭ) с содержанием воды: в пределах 5...10%. Улучшение теплотехнических показателей работы котла на указанной эмульсии является следствием того, что вода в виде мельчайших капелек диаметром 6...15 мкм, равномерно распределенная по всей массе мазута, способствует интенсификации процесса горения распыленного топлива, снижению сажеобразования и уменьшению содержания окислов азота в продуктах сгорания.

В настоящее время установлено, что эмульгирование топлива водой существенно влияет на рабочий процесс сгорания топлива в кот-



лах. При использовании ВТЭ всегда снижается дымность выпускных газов, во многих случаях отмечается повышение экономичности котла, изменение в них динамики тепловыделения.

Исследователи полагают, что в основе эффекта от использования ВТЭ лежат:

- физические процессы;
- химическая природа явлений;
- физико-химическое объяснение.

Физическая модель процесса полагает, что скорость и полнота сгорания топлива определяются местными значениями температур и концентрацией реагирующих компонентов, т.е. качеством смесеобразования.

Применительно к эмульгированному топливу можно выделить два вида его дробления перед сгоранием – распыливание (при впрыске топливной смеси в камеру сгорания через форсунку) и вторичный распад образовавшихся капель под действием, так называемых микро-взрывов.

Считается, что микровзрывы являются мощным средством улучшения качества смесеобразования и соответственно одной из главных причин улучшения рабочего процесса котлов при переводе их на ВТЭ.

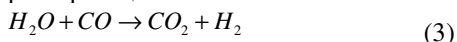
Представляют интерес вопросы химико–кинетического характера, связанные с процессом горения обводненных топлив. Установлено, что под действием высокой температуры возможна не только термическая диссоциация молекул паров воды:



но и диссоциация на водород и гидроксил

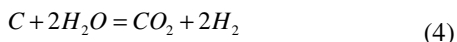


Ускоряющее действие водяных паров на процесс горения окиси углерода было объяснено суммарной реакцией:



Последующее окисление водорода приводит к образованию гидроксила OH и атомов H и O, которые являются активными центрами.

Как известно, основным элементом химического недожога топлива в котлах является сажа. Поэтому большой интерес представляют реакции газификации углерода:





Выделяющийся водород реагирует с кислородом значительно активнее и быстрее, чем частицы углерода.

В общем случае улучшение качества рабочего процесса сжигания в котлах при переводе их на эмульгированное топливо имеет сложную физико-химическую природу.

При струйном смесеобразовании в котлах существенным недостатком является переобогащение топливом центральной части топливно-воздушного факела.

Сажа реагирует с кислородом недостаточно активно, поэтому процесс сгорания затягивается, и характеристика тепловыделения оказывается неоптимальной. Более того, часть сажи не успевает сгорать за время пребывания в камере сгорания котла и частично выбрасывается в атмосферу. Все это ведет к снижению КПД котла.

Переход на ВТЭ улучшает все основные показатели смесеобразования. Однако наибольшую положительную роль в рабочем процессе сгорания топлива, по моему мнению, играют микровзрывы и увеличение местных значений коэффициентов избытка воздуха. Микровзрывы разбивают асфальтосмолистые остатки капли и уменьшают тем самым размеры образующихся частиц кокса, что способствует их более быстрому сгоранию при контакте с окислителем, а также ускоряет процесс газификации.

Велика роль микровзрывов и в ликвидации капель крупных размеров. Увеличение локальных коэффициентов избытка воздуха ведет к повышению скорости сгорания и сокращению сажеобразования.

Как уже отмечалось, значительное повышение экономичности работы паровых котлов может быть достигнуто за счет сжигания вместо «чистого» мазута мелкодисперсной водотопливной эмульсии (ВТЭ) с содержанием воды в пределах 5...10%. В ходе ранее проделанных экспериментов был сделан вывод, что улучшение теплотехнических показателей работы котла на указанной эмульсии является следствием того, что вода в виде мельчайших капелек диаметром 6...15мкм, равномерно распределенная по всей массе мазута, способствует интенсификации процесса горения распыленного топлива, снижению сажеобразования и уменьшению содержания окислов азота в продуктах сгорания.

Повышение эффективности сгорания ВТЭ по сравнению с «чистым» мазутом происходит благодаря эффекту вторичного дробления (явление микровзрыва) капелек воды при нагревании их в горячем факеле. Из-за разницы в температурах кипения воды (100⁰С) и мазута (300⁰С) каждая капля эмульсии в процессе термической подготовки



увеличивается в объеме под действием образовавшегося внутри ее водяного пара и разрывается на части. Внутритопочное дробление капель распыленной эмульсии улучшает смешение топлива с воздухом, за счет этого повышается полнота сгорания топлив и уменьшается сажеобразование.

Теплотехнические испытания парового котла КВВА 2,5/5 при работе на ВТЭ и мазуте Ф5 показали, что процесс сгорания ВТЭ с содержанием воды до 33% аналогичен сгоранию «чистого» мазута и протекает устойчиво без срывов пламени. Розжиг котла производится надежно и стабильно, горение – бездымное. Работа парового котла на ВТЭ практически не вносит каких-либо дополнительных условий и ограничений в действующие инструкции по эксплуатации. Сжигание ВТЭ устойчиво обеспечивает все эксплуатационные нагрузочные режимы, включая длительный режим работы котла при номинальной нагрузке. Однако экономичность работы котла во многом зависит от содержания воды в ВТЭ. При идентичных режимах работы котла с номинальной производительностью при сжигании ВТЭ с содержанием воды 5% достигается наибольший экономический эффект по сравнению с работой на товарном мазуте:

- часовой расход топлива сжигается на 3,4%;
- температура уходящих газов ниже на 11⁰С;
- КПД котла возрастает на 1%.

С увеличением содержания воды в ВТЭ до 10% экономичность работы котла несколько снижается, но остается на уровне, значительно превышающим показатели при работе на товарном мазуте. При содержании воды в ВТЭ 15,6% экономические показатели снижаются до уровня работы на товарном мазуте. При дальнейшем увеличении содержания воды в ВТЭ экономичность работы котла становится ниже по сравнению с уровнем работы на товарном мазуте.

Снижение экономических показателей при работе котла на ВТЭ с содержанием воды свыше 15% объясняется повышением затрат тепла на прогрев и испарение воды, снижением температуры горения в топке, и, как следствие, несколько «вялым» протеканием процесса горения. Следовательно, работа котла на ВТЭ с содержанием воды свыше 15% нежелательна, несмотря на то, что процесс горения протекает устойчиво без срывов факела.

Осмотр поверхностей нагрева котла со стороны газов показал, что уровень отложений нагара значительно ниже в сравнении с нагароотложениями на поверхностях нагрева при постоянной работе на товарном мазуте.



Результаты лабораторного анализа проб нагароотложений с водогрейных трубок после работы котла на мазуте Ф5 и ВТЭ приведены в таблице 1.

Проведенный анализ подтверждает, что процесс сжигания ВТЭ в топке котла происходит более эффективно и полно, снижаются химическая неполнота сгорания и сажеобразования. В пробах нагара после сжигания ВТЭ практически отсутствуют органические вещества, в том числе углерод: после прокаливания остаток составляет около 93% массы пробы. При работе котла на мазуте Ф5 в составе нагара обнаружено около 46% органических веществ, что более чем в 6 раз превышает содержание горючих веществ в нагаре, образовавшихся после сжигания ВТЭ. При осмотре наружных поверхностей нагрева после работы котла на ВТЭ признаков коррозионных разъеданий не обнаружено.

Таблица 1

Результаты лабораторного анализа проб нагароотложений

Физико-химические свойства нагароотложений	Мазут Ф5	ВТЭ
Цвет нагара	Темно-серый	Серый
Прокаленный остаток, %	53,24	93,16
Растворимость нагара при 7%-ной концентрации сульфаминовой кислоты	69,50	82,10
Содержание оксидов, %		
кремния	4,91	1,10
кальция	8,08	3,50
магния	10,78	7,40
фосфатов	0,51	Отсутствует
сульфатов	44,52	43,24

Подготовка ВТЭ производится с помощью гидродинамического смесителя ГАРТ-ПрМ. В основу работы аппарата положен принцип продавливания смеси через узкий зазор между вращающимся ротором и неподвижным статором. Поток жидкости, поступающий в аппарат, в зазорах между зубцами разбивается на большое количество вторичных потоков, в которых крупные капли под действием высоких скоростей вытягиваются в нити или пленки с последующим распадом на мелкие частицы. Подача составляющих смеси к аппарату может осуществляться автономным подкачивающим насосом или поступать самотеком за счет некоторого подпора.

Проведенные исследования и теплотехнические испытания показали, что использование водотопливных эмульсий в паровых котлах



взамен товарного мазута служит значительным резервом повышения экономичности и надежности их работы. Вместе с тем использованием ВТЭ приводит к заметному снижению интенсивности нагароотложений на поверхностях нагрева с газовой стороны и изменению их структуры. Снижение процесса нагарообразования позволяет увеличить продолжительность работы котлов между очистками поверхности нагрева с газовой стороны не менее чем в 1,5 раза без ухудшения теплотехнических показателей работы. Нагароотложения становятся рыхлыми и легкоудаляемыми. С учетом изложенного большую часть эксплуатационного периода котел будет иметь оптимальный КПД. Благодаря этому среднеэксплуатационный процент снижения расхода топлива возрастает и может достигать 4%.

Так же применение гидродинамических смесителей ГАРТ-ПрМ обеспечивает подготовку ВТЭ высокого качества. Поэтому применение ВТЭ в паровых котлах взамен товарного мазута с использованием гидродинамических смесителей ГАРТ-ПрМ может быть рекомендовано к широкому внедрению в энергетике.

К.В. Слюсарский, А.А. Цырфа

Томский политехнический университет

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В СИБИРИ

1. введение

Люди проживающие в Сибири почти всегда жалуются на слишком высокую температуру в комнатах или на то, что в комнатах неприятно холодно. Они не могут влиять на температуру в помещениях, поскольку радиаторы не имеют регуляторов. Затраты на отопление стали почти неразрешимой проблемой, к тому же качество отопления явно неудовлетворительно. В связи с этим, значение этой проблемы приобретает широкие масштабы.

2. типичная система теплоснабжения в Сибири

Почти во всех городах Сибири используется метод комбинированной выработки электроэнергии и тепла. Этот метод, который обеспечивает превосходный КПД, обычно превышающий 90% в настоящее время обсуждается в Европе и зачастую применяется в новых установках. В ряде случаев и в Европе ныне создаются системы теплоснабжения с длинными магистралями.

В России почти исключительно применяются котлы с естественной циркуляцией. Они надежны, требуют незначительной регулировки



и соответственно проще западных систем. Недостатком их является меньший КПД по сравнению с котлами, применяемыми в Европе (обычно это котлы с принудительной циркуляцией). Котлы на западе оснащены заметно большим количеством регулирующей аппаратуры. Использование высококачественных регулируемых вентилей, электронное управление контурами регулирования на базе компьютеров, позволяет быстро реагировать на изменившиеся условия. В России многие установки требуют в этом смысле существенного улучшения.

Для очистки дымовых газов в России часто применяются циклоны, которые обеспечивают очистку от сравнительно крупных частиц. На западе применяют электрофильтры, которые обеспечивают обеспыливание на уровне 99,7% и более. Законом установлены предельное содержание частиц в дымовых газах 50мг/м^3 . Следует подчеркнуть, что именно мелкие частицы представляют наибольшую опасность для легких человека. Угольные мазутные электростанции в Германии обязательно оснащаются системами очистки от серы, снижающими содержание SO_2 до 200мг/м^3 . Образование окислов азота ограничивается на уровне $100\text{--}200\text{мг/м}^3$ за счет оптимизации процессов горения путем ограничения предельной температуры пламени. Все важные параметры дымовых газов автоматически передаются непосредственно в министерство по защите окружающей среды. При нарушениях немедленно информируется как эксплуатирующая организация, так и органы власти.

Системы централизованного теплоснабжения также имеют недостатки. Рассмотрим только наиболее важные аспекты, поскольку подробное обсуждение систем выходит за рамки доклада.

Скорость коррозии внутренних стенок трубопроводов определяется в основном содержанием солей и кислорода в воде. Поэтому важно постоянно выдерживать высокое качество воды. Это возможно лишь в замкнутых системах циркуляции и при малых потерях теплоносителя. Энергосистема ни в какой момент времени не должна быть вынуждена добавлять не обессоленную воду в контур. Кроме того, должен быть запрещен открытый водоразбор. Поэтому у потребителя должны быть установлены теплообменники, за счет чего у него создается возможность контролировать не только количество, но и качество воды в своей системе. Это означает, что производитель тепла должен смонтировать теплообменники во всех точках, где он отдает тепло потребителям.

Решающим отличием между западно-европейскими и российскими системами централизованного теплоснабжения состоит в том, что в



России таких теплообменников между магистралями и системами потребителей почти нет. Это означает, что вода из магистралей поступает непосредственно в систему потребителя. При наличии у потребителя утечек теряется не только энергия, но и сетевая вода. На ряду с этим неконтролируемыми потерями сетевая вода зачастую используется для бытовых целей. Для этих целей в Германии используется только питьевая вода, подогреваемая в теплообменниках. Применение обессоленной воды неприемлемо не только потому, что она слишком дорога.

В нормальных обстоятельствах потери воды в отопительной системе сибирского города с населением в 700 тыс. жителей потери сетевой воды достигают 1000м^3 в час. Это количество воды необходимо непрерывно восполнять. Однако, это означает, что обессоливание и даже тщательная очистка от механических примесей являются иллюзорными. В результате в системе присутствует постоянный источник загрязнения, который повышает коррозию, забивает радиаторы отопления и тем самым делает их неэффективными. В германских системах такого размера приходится считаться с потерями воды максимум на уровне $50\text{-}100\text{м}^3$ в день, т.е. в 250 раз ниже, чем в российских системах.

Что касается коррозии с внешней стороны труб, то она определяется уровнем антикоррозионной защиты и условиями окружающей среды. В этом смысле российские системы находятся в плохом состоянии. Меры защиты от коррозии явно недостаточны, а условия окружающей среды часто весьма неблагоприятны.

Например, в Германии отопительные системы домов подключены через теплообменники. В каждом здании действует замкнутая системы отопления с одним или несколькими насосами. Вода дегазируется и в нее добавляются антикоррозионные добавки. Температура в системе регулируется в зависимости от внешней температуры. Во многих зданиях каждый радиатор снабжается термостатическим вентилем, с помощью которого температура в помещении устанавливается в соответствии с потребностями потребителя. Каждый потребитель (каждая квартира) имеет отдельный счетчик тепла.

В российских системах циркуляция горячей воды в отдельных зданиях происходит за счет разности давления в магистральных трубопроводах. Температура воды на входе в здание задается энергоснабжающим предприятием. Она может быть, однако, уменьшена за счет подмеса обратной воды. Температура в помещениях зависит от количества и температуры воды протекающей через радиаторы и ряда граничных условий, как положение помещения в здании, размера окон,



изоляции стен, вентиляционных потерь и т.д. Контроль над температурой при этом почти невозможен. Измерение потребленного тепла в большинстве случаев не производится, а расчеты за использованную энергию производятся оптом.

Для улучшения теплоснабжения зданий особую важность имеют два мероприятия – улучшение теплоизоляций и модернизация отопительной системы. Прежде всего, должно быть проверено отсутствие утечек воздуха через перекрытия и их теплоизоляцию и при необходимости устранение недостатков. Следующим шагом является уплотнение и усиление теплоизолирующей способности окон. В дальнейшем, прежде всего, для жилых зданий может быть усилена теплоизоляция наружных стен. Модернизация системы отопления зданий является следующей сложной и требующей больших затрат задачей. Она наталкивается на большое число почти непреодолимых трудностей. Поэтому, во всяком случае, при новом строительстве и реконструкции должны предусматриваться современные отопительные системы.

Большим достоинством российских электростанций является применение турбин с противодавлением. Пар, выходящий из турбины может использоваться для целей централизованного теплоснабжения. КПД такой системы теоретически может превышать 90 %. На западе используются преимущественно конденсационные турбины. При этом КПД для старых станций составляет 36-38%, а для новых составляет более 40%. Следовательно, российские теплоцентрали имеют преимущество в виде высокого теоретического КПД, которые, однако, они проигрывают из-за большого числа технических недостатков, основными из которых являются:

- устаревшие электростанции в плохом техническом состоянии с недостаточно высоким КПД, недостаточной водоподготовкой, низким уровнем очистки дымовых газов;
 - длинные магистральные линии горячей воды с трубами с плохой изоляцией и низким уровнем защиты от коррозии;
 - открытые контуры циркуляции горячей воды с недостаточной степенью ее очистки;
 - нет разделения магистральных и местных контуров;
 - нет контроля над утечками. Отбор горячей воды из отопительной системы;
 - отсутствие регулирования температуры в помещениях;
 - плохая изоляция зданий.
- 3.пути улучшения



Мероприятия по улучшению положения можно взять прямо из перечня недостатков. Прежде всего, необходимо улучшение водоподготовки на электростанциях с доведением его до западных стандартов и одновременное резкое уменьшение потерь сетевой воды, так чтобы ни в какой момент времени не превышалась производительность системы водоподготовки. При строительстве новых электростанций должны закладываться более высокие стандарты.

Для разгрузки сети целесообразно в зонах, выходящих за экономически целесообразные границы централизованного теплоснабжения, построить ряд децентрализованных источников, например, работающие на газе блоки для выработки электроэнергии и тепла с высоким КПД. За счет этого можно разгрузить сеть и приступить к поэтапной ее санации.

Потери воды в сети должны быть радикально уменьшены. Отбор горячей воды должен быть запрещен или сопряжен с весьма высокой ценой. Системы должны быть выполнены в виде замкнутых контуров, а в воду добавлены антикоррозионные добавки. При этом отопительные системы потребителей должны быть отдельны от магистральной сети с помощью теплообменников. Обеспечение горячей водой для бытовых целей должно осуществляться через теплообменники или альтернативно, например, с помощью современных газовых бойлеров.

Отопительные системы зданий следует модернизировать шаг за шагом. Прежде всего, необходимо резко уменьшить количество циркулирующей воды с одновременным существенным увеличением скорости потока. Радиаторы должны быть оснащены по западному стандарту терморегуляторами. Вентиляционные потери в зданиях необходимо сократить, а теплоизоляцию здания улучшить в следующей последовательности: перекрытия, окна, стены.

А.А. Цырфа, Н.В. Пиховкина

Томский политехнический университет

АНАЛИЗ МЕТОДИК РАСЧЕТА СУШИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

В инженерной практике, по сегодняшний день теплоиспользующие установки принято рассчитывать по укрупненным методам, а точнее говоря по неким инженерным зависимостям, которые зачастую не просто приводят к погрешности, но часто спроектированное оборудование не соответствует расчетным данным. Конечно же данные зависимости в той или иной степени соответствуют условиям применения их при расчете определенного оборудования, но все мы прекрасно по-



нимает, что если данное оборудование, например сушильные, ректификационные выпарные и т.п. оборудование, по своим техническим данным способно перерабатывать несколько видов исходной продукции, то нет никаких гарантии, что при изменении крупности исходного материала, например в сушильной установке, кинетика процессов будет оставаться неизменной. Часто данное явление наблюдается в аппаратах и установках преимущественно направленные на получение конечного продукта путем изменения не только химических, но в большей части на изменение физических характеристик как, например размер, влажность, цвет и т.п. Примерами таких исходных материалов могут являться глины, торф, виды эмульсий и суспензий, а также широкий спектр веществ органического происхождения.

Зачастую, результат неправильного расчета влечет за собой ресурс - и энергозатраты, загрязнение окружающей среды, если технологический процесс требует очистки рабочего тела, и даже иногда ставит под сомнение безопасность обслуживающий персонал.

Цель данной работы заключается в анализе двух самых распространенных методик расчета сушильных установок, а точнее методики расчета изложенные в [2,3] Лебедевым П.Д. и в [1] Дытнерского Ю.И. На первый взгляд эти два метода похожи, т.е. расчет ориентирован на получение одних и тех же результатов, а точнее говоря, на определение параметров сушильного барабана, выбор перевалочного устройства и определения времени сушки.

В методике описанной Дытнерским Ю.И. предлагается методика расчета сушильной установки, которая в большинстве своем основана на явлениях массоотдачи, т.е по данной методике процесс сушки не выходит за рамки перехода массы водяных паров от высушиваемого материала к сушильному агенту. С точки зрения массо- и теплообмена, это не совсем обоснованная позиция, поскольку процесс сушки происходит не только за счет уменьшения градиента влагосодержания, т.е. убывания влаги, но в большей степени за счет увеличения градиента температуры и явлению вынужденной конвекции, чем, собственно говоря, и вызвано уменьшение влагосодержания. Наряду с тем, что не рассматривается конвективный теплообмен, явление лучистого теплообмена так же не присутствует в методике автора, не смотря на то, что зачастую сушильный агент подается в камеру сушки или в барабан с температурой 900...1000⁰С, где лучистый теплообмен занимает решающую стадию сушки. Некоторые зависимости справедливы лишь для строго определенных параметров (массовой скорости, частоты вращения, коэффициента объемного заполнения).



То, что касается крупности высушиваемого материала, то градация весьма обобщенная, а именно автор предлагает зависимости скорости сушильного агента от крупности частичек, в которой явно видно, что частички более двух миллиметров (вплоть до 100 мм) могут быть подвергнуты равновеликому по времени процессу сушки, т.е. вывод заключается в том, что частички средним размером 5мм проводят такое же время в сушильном барабане что и частички размером 50мм при прочих равных условиях. Также при расчетах автор пренебрегает законом Дальтона предлагая считать давление влажного сушильного агента равным давлению насыщения водяных паров при прочих равных условиях.

В методике, предложенной в [2,3] Лебедев П.Д., в отличие от вышеуказанного подхода, учитываются все неучтенные в методике [1] параметры. Прежде всего, к ним относятся чисто теплотехнические процессы, связанные с учетом передачи тепла при падении частиц с лопаток, через наружную поверхность материала, а также передачу теплопроводностью от более нагретых частей деталей к высушиваемому материалу. Также немаловажен учет крупности высушиваемых частичек в методике Лебедева. На тепломассообмен они оказывают решающее значение, ведь с уменьшением размера частичек материала значительно улучшаются условия тепломассообмена, что определенным образом влияет на процесс сушки. Время пребывания материала в сушильной камере (барабане), определяется в зависимости от геометрических размеров, положения барабана, а так же физических и теплофизических свойств материала, так как в методике описанной в [1] время сушки является функцией производительности сушилки по исходному и сухому материалу.

Для практического анализа данных методик был проведен расчет барабанной сушилки высушиваемым материалом, в которой является глина. Глина была выбрана на основании того, что оно подходит под материалы с достаточно большим содержанием влаги и крупность данного материала может варьировать в больших пределах. Для расчета мы задались крупностью от 2...5мм и в результате расчетов получили по той и другой методике результаты отличающиеся в пределах 100% по размерам барабана и времени сушки.

Исходя из технико-экономических расчетов, заданной производительности (15т/ч) и пересчета коэффициента объемного заполнения можно сделать вывод, что методика расчета сушильных установок Лебедева П.Д. дает более правдивые и рациональные результаты.



Проверку данных утверждений можно провести пересчетом данного агрегата по данным методикам на крупность частичек 10мм, 20мм, 30мм, 40мм. Результаты подсчета по двум методам будут значительно отличаться, однако найденные в примере параметры (по крупности от 2...5мм) от параметров рассчитанных по крупности 10мм, 20мм и т.д.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что при расчете конкретного теплоиспользующего оборудования или любого другого оборудования надо внимательно изучить физику процесса и выбирать тот метод, который больше всего охватывает явления происходящие в рассчитываемом технологическом процессе. В нашем случае, при расчете сушильных установок рекомендуем пользоваться методикой Лебедева П.Д.

Библиографический список

1. Основные процессы и аппараты химической технологии, под ред. Ю.И. Дытнерского. – М.: Изд. Химия, 1991. – 496 с.
2. Лебедев П.Д. Расчет и проектирование сушильных установок. - М.-Л.: Госэнергоиздат, 1962. - 320 с.
3. Лебедев П.Д., Щукин А.А. Теплоиспользующие установки промышленных предприятия. - М.: Энергия, 1970. – 408 с.

С.А. Чашина, Ю.А. Чашина

Томский политехнический университет

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ НА ОАО «ТОМСКОЕ ПИВО»

ОАО «Томское пиво» осуществляет деятельность по производству пива и безалкогольных напитков. В настоящее время завод ОАО «Томское пиво» выпускает пиво более 2000000 дал. в год, 26 наименований продукции. Поскольку процесс пивоварения очень сложен, имеет много стадий производства, то, прежде всего, характеризуется разнообразным потреблением энергии. В данной работе был проведен анализ потребления энергоресурсов предприятием.

В ходе работы были поставлены следующие задачи:

- 1) Произвести анализ потребления теплоты предприятием. Так как имелись данные только по общему количеству тепла отпущенного котельной.
- 2) В связи с расширением производства провести расчеты по покрытию нагрузок существующим оборудованием котельной.
- 3) Провести анализ использования водопроводной воды.



Процесс пивоварения непосредственно связан с энергопотреблением. Тепловая энергия на производстве представлена в виде горячей воды и пара.

Котельная ОАО “Томское пиво” предназначена для выработки тепловой энергии (насыщенный пар) и поддержания тепловой нагрузки.

Анализ работы котельной показал, что конденсат с производства в тепловую схему не возвращается. Потери пара, отпущенного на производство, восполняются химводоочисткой (ХВО) котельного цеха.

В задачу исследования входило определение расхода пара на предприятии в целом.

Для достижения поставленных целей использовались как аналитический расчет, так и приборное обследование. Результаты приборного обследования параметров среды в трубопроводах котельной показали следующее:

1) Расход питательной воды перед котлами составил $G=8,5$ т/час, ее температура $T=81^{\circ}\text{C}$.

2) Расход добавочной хим. очищенной воды составил $G=2,5$ т/час. Температура воды $T=10^{\circ}\text{C}$.

На основании проведенных измерений и расчетного анализа баланса составлен фактический баланс пара на момент обследования

Таблица 1

Фактический баланс пара на момент обследования

№ п/п	Наименование потребителя	Расход пара, т/ч
1	Отопление	0
2	ГВС	0
3	Собственные нужды котельной	8,5
4	Технологические нужды предприятия	
	Итого	8,5

При увеличении объемов производства продукции существующее оборудование котельной не сможет обеспечить требуемую тепловую нагрузку. В связи с этим будет производиться реконструкция котельной с использованием котлов большей производительности.

Для повышения энергоэффективности предприятия необходимо:

- наличие конденсатоотводчиков, которые уменьшают расход пара на 15%;



- наличие теплоизоляции на арматуре и фасонных частях теплопроводов, которые уменьшают потери в них на 10-30%.

Анализ водопотребления предприятия ОАО «Томское пиво» показал, что в производстве вода относится к основному ресурсу, поскольку она является составляющей готовой продукции предприятия.

При помощи портативного расходомера PORTAFLOW 300 производства фирмы Micropics были произведены замеры потерь воды после споласкивания бутылок на разливоукупорочном блоке.

Согласно замерам расход сбросной воды составляет 1,831 м³/час. Это значит, что объем теряемой воды за год составляет 16039,21 м³.

В качестве энергосберегающих мероприятий было рассмотрено несколько вариантов использования этой сбросной воды:

- на споласкивание бутылок после розлива пива;
- восполнение потерь воды в обратном водоснабжении.

Было рассмотрено электропотребление на предприятии ОАО «Томское пиво». Так, цеховыми счетчиками учитывается 62% электроэнергии от общего потребления. Расход электроэнергии на предприятии колеблется в пределах от 1,3 до 1,7 тыс. кВт·ч/тыс. дал. Как известно из различных литературных источников нормы потребления энергии предприятием, производящим пиво, которые составляют 0,8÷1,1 тыс.кВт·ч/тыс. дал, а передовые компании дают данные о 0,5÷0,8 тыс.кВт·ч/тыс. дал. В связи с этим можно сделать вывод, что у предприятия есть резерв для экономии электроэнергии.

Ю.А. Чашина

Томский политехнический университет

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ ПОСЕЛКА ПРИ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЕ ЭЛЕКТРОКОТЕЛЬНОЙ И ТЕПЛООВОГО НАСОСА

В настоящее время для теплоснабжения поселка Ильичево используется электростанция. Отпускной тариф для потребителя составлял в 2008 г. 474 руб/Гкал. Для снижения себестоимости вырабатываемого тепла предлагается установить тепловые насосы, которые будут нести основную часть нагрузки теплоснабжения.

Кратко рассмотрим принцип действия парокомпрессионного теплового насоса, принципиальная схема которого приведена на рис. 1.

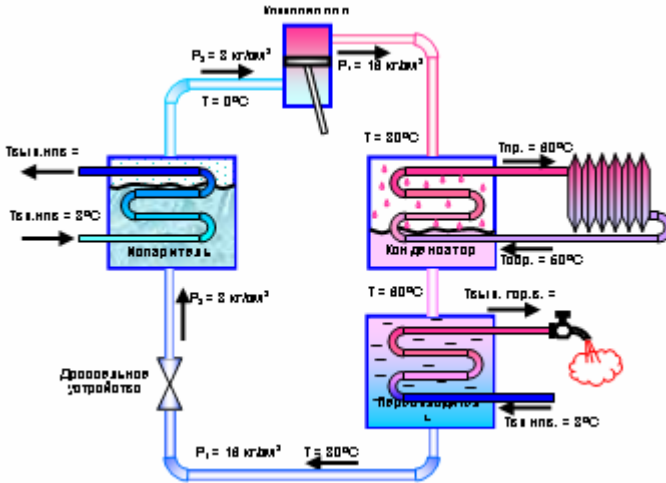


Рис.1. Схема работы парокомпрессионного теплового насоса

Тепло от низкопотенциального источника поступает в испаритель ТН, где отдает свое тепло рабочему телу, например фреону. Образовавшийся пар фреона при сжатии в компрессоре нагревается до 80-95°C и поступает в конденсатор, где, конденсируясь, отдает свое тепло в систему отопления. Затем жидкий, но еще горячий фреон в теплообменнике отдает тепло холодной воде, нагревая ее до уровня, необходимого для горячего водоснабжения. Охлажденный жидкий фреон поступает в дроссель, где дросселируется до давления, при котором фреон переходит в парообразное состояние при температуре низкопотенциального источника, и цикл повторяется.

Рассмотрим один из вариантов использования тепловых насосов для теплоснабжения поселка Ильичево.

Итак, электротепловая поселка оснащена четырьмя электродотками марки КЭВ-4000/6.



Таблица 1

Выработка тепловой энергии электродкотлами по месяцам

Месяц	январь	февраль	март	апрель	май	июнь
Отпуск, Гкал	2473	2441	1930	1552	1004	257
Отпуск, МВт	2876	2839	2245	1805	1168	299
Месяц	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Отпуск, Гкал	573	544	756	1514	1755	2500
Отпуск, МВт	666	632	879	1760	2041	2907

Температурный режим системы отопления: 95/70⁰С.

Для уменьшения затрат на выработку тепловой энергии предлагается установить тепловые насосы, низкопотенциальным источником тепла для которых будет являться вода из реки Енисей, температура которой изменяется от +4⁰С (с января по март) до +13⁰С в августе. Причем расход воды из реки неограничен. В зимние месяцы тепловые насосы не смогут полностью покрывать тепловую нагрузку, поэтому совместно с ними предполагается использовать имеющиеся электродкотлы.

Проведя анализ климатических условий, были установлены температурные пределы применения теплового насоса для нужд теплоснабжения данного поселка. Так при расчете теплового насоса за расчетную нагрузку принята тепловая нагрузка при средней за отопительный период температуре наружного воздуха, которая составляет $t_{cp} = -9,5^0\text{C}$. При этой температуре необходимая тепловая производительность теплового насоса составит $Q_k = 1,92\text{МВт}$. Таким образом, при температурах наружного воздуха в диапазоне от +8⁰С до -9,5⁰С, тепловая нагрузка будет покрываться тепловым насосом. При температурах наружного воздуха ниже -9,5⁰С, тепловая нагрузка будет покрываться совместной работой теплового насоса и водогрейного электродкотла.

Для выбора рабочего вещества теплового насоса было проведено сравнение наиболее часто применяемых в настоящее время хладонов. В качестве параметра сравнения выступало давление насыщения хладона, при различных температурах. По результатам сравнения в качестве рабочего вещества для теплового насоса выбрали хладон R152a.

В ходе проведенного расчета теплонасосной установки, получили следующие параметры теплового насоса:

- удельная теплопроизводительность теплового насоса $q_T = 290\text{кДж/кг}$;
- удельная холодопроизводительность теплового насоса $q_T = 240\text{кДж/кг}$;



- массовый расход хладона $G=6,26\text{кг/с}$;
- мощность, потребляемая компрессором из сети $P_C = 497,9\text{кВт}$;
- действительный коэффициент преобразования $\varphi = Q_K/P_C = 3,86$;
- действительная удельная работа сжатия компрессора $q_K=75,2\text{кДж/кг}$;
- температура перегретого пара хладона $t''=93^\circ\text{C}$.

По полученным в расчетах данным выбран тепловой насос. Из всего спектра представленных на российском рынке тепловых насосов, наиболее подходит тепловой насос НТ-3000 изготовления ЗАО «Энергия» г. Новосибирск. Поскольку в характеристике теплового насоса отсутствуют данные о конденсаторе и испарителе, то, произвели их расчет и по полученным данным выбирали конденсатор марки КТР-250 и испаритель марки ИТР-210.

Для обоснования экономической эффективности применения теплонасосной установки, составленной из отдельных элементов на базе теплового насоса НТ-3000, был проведен технико-экономический расчет, согласно которому:

- экономический эффект, получаемый при выработке 1Гкал тепла с помощью теплового насоса, по сравнению с существующей системой отопления: $\mathcal{E} = 334,04\text{руб.}$;
- годовой экономический эффект: $\mathcal{E}_{\text{год}} = 8789928\text{руб.}$

Необходимо заметить, что применение теплового насоса для нужд теплоснабжения позволит значительно снизить затраты на выработку тепловой энергии при переходе от существующей системы теплоснабжения поселка к использованию теплового насоса. Окупаемость проекта мене трех лет.

Ю.А. Чащина, С.А. Чащина

Томский политехнический университет

ВАРИАНТ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

Объектом исследования являлась Томская производственная компания, которая занимается выпуском пиломатериалов (сосновых досок) для экспорта в Среднюю Азию.

Для уменьшения транспортных нагрузок при доставке потребителю, улучшения физико-механических свойств и предотвращения последующей деформации и преждевременного износа различных устройств и изделий из выпускаемых пиломатериалов их подвергают сушке. Сушку осуществляют в сушильной камере на-



гретым воздухом. Пар покупается у недалеко расположенной ГРЭС-2.

В задачу проекта входит расчет экономической эффективности использования отходов производства (щепы) в качестве топлива для нагрева воздуха дымовыми газами. Было выявлено, что в ходе производства ежемесячно образуется примерно 450 м^3 или 163 т/год отходов деревообработки, которые регулярно вывозятся на отвал за отдельную плату. Данные отходы можно использовать в сушильных установках и в целях отопления административного корпуса. Это позволит не тратить денежные средства на покупку пара, вывоз древесных отходов и отопление.

Для достижения данной цели был проведен поверочный расчет реально функционирующей сушильной камеры (в камере установлено 6 калориферов марки КФБ-9, 3 осевых вентилятора и располагается 6 штабелей). Определена производительность камеры, равная $3699\text{ м}^3/\text{год}$ условного материала, рассчитали теплотери через ограждения и получили расход тепла на сушку за год, который составил 420 Гкал/год . За это тепло Томская производственная компания платит ежегодно 210 тыс. руб. В результате расчета процессов сжигания древесного топлива была спроектирована слоевая топка, в соответствии с режимом и теплотратами процесса сушки. Был осуществлен выбор воздухоподогревателя для подогрева сушильного агента (воздуха) дымовыми газами. Затраты на установку топки и воздухоподогревателя составили 138 тыс. руб. , что меньше ежегодных затрат на покупку пара. Расчет показал, что расход топлива на топочную камеру составит $156\text{ м}^3/\text{мес.}$, то есть $1/3$ от всех образующихся отходов при производстве пиломатериалов. Было подсчитано, что реконструкция окупится примерно за 8мес.

Оставшиеся древесные отходы предложено использовать для нужд отопления административного корпуса с переводом ее на автономный источник теплоснабжения.

Произведя расчет теплотери через ограждения административного корпуса при температурном графике $95/70$, определили тепловую нагрузку, которая составила 78 кВт . В результате поверочного гидравлического расчета водяной однотрубной вертикальной системы отопления с нижней разводкой и отопительными приборами марки МС-140-108 был определен напор, равный $1,67\text{ м.вод.ст.}$ и расход теплоносителя на систему $2,7\text{ м}^3/\text{ч}$, по которому подобран германский насос марки UPS-25-40 стоимостью 3 тыс. руб. По нашим подсчетам затраты на отопление составляют примерно 84 тыс.руб./мес. Расход древесного



топлива составил 160т/год. Далее был подобран котел марки КЖОУ производительностью 100кВт и стоимостью 70тыс.руб. По проекту котел можно расположить в пристроенном к административному корпусу складе, но для этого необходимо соорудить кирпичное ограждение. Установка котла окупится приблизительно в течение 4 месяцев.

Результаты расчетов показывают, что предложенные в проекте варианты реконструкции сушильной камеры и перевод системы отопления административного корпуса на использование собственных источников, являются экономически целесообразными и энергоресурсосберегающими мероприятиями.

Е.В. Чермис, А.А. Цырфа

Томский политехнический университет

АНАЛИЗ РАБОТЫ ПРИТОЧНО-ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ УСТАНОВКИ НА НИЖНЕВАРТОВСКОЙ ГРЭС

Приточно-вентиляционные установки (камеры) на тепловых электростанциях являются одной из болевых точек. До настоящего времени не найдена конструкция, гарантирующая их надежную работу, и не требующая постоянного вмешательства обслуживающего персонала при изменении температуры наружного воздуха.

На ряде станций полностью отказались от организованного подогрева наружного воздуха в приточно-вентиляционных установках и вход в них герметично заделали. Но есть станции, где еще не разрешились решить проблему организованного подогрева воздуха в приточно-вентиляционных камерах и продолжают работать над этой проблемой.

В настоящей работе была сделана попытка экспериментальным и расчетным путем выяснить основные причины неудовлетворительной работы приточно-вентиляционных камер, намечены пути устранения их причин.

В работе использованы материалы исследований, проведенных ПТО Нижневартовской ГРЭС.

На станции имеются приточные установки 2-х типов, отличающиеся количеством используемых калориферов в соответствии их размещении. Первый тип включает 6 калориферов: по 2 в каждой группе, расположенные в один ряд и два яруса. Второй тип – по 4 калорифера в левой и правой группах, расположенные в боковых группах в 2 ряда и 2 яруса. В средней группе в обоих типах камер 2 калорифера расположены в 2 ряда и 1 ярус (т.е. на каждую секцию прихо-



дится по половине 2-х калориферов средней группы). При вентиляторном побуждении движения воздуха в среднюю группу калориферов поступает воздух из главного корпуса. При этом горячая вода подается на первый по ходу воздуха так называемый «горячий» калорифер, а затем частично охлажденная вода подается на второй – «холодный» калорифер.

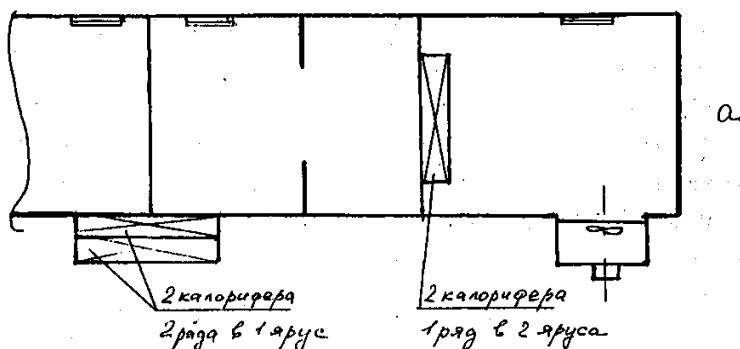


Рис.1. Приточно-вентиляционная установка

В качестве нагревательных установок используются калориферы типа КСк-4-11-02-ХАЗА с механической прокачкой воздуха (возможны варианты с естественной тягой). Это калориферы 4-х рядные 4-х или 6-ти ходовые, предназначены для нагрева воздуха в системах воздушного отопления и условиях холодного климата.

В процессе эксплуатации приточно-вентиляционных установок были отмечены следующие недостатки:

1. Перемерзание отдельных трубок.
2. Шум и повышенная вибрация вентиляторов, быстрый выход их из строя.
3. Недостаточная эффективность по съему тепла и увеличенная температура обратной воды.

Неудовлетворительно зарекомендовали себя термостаты, установленные на отводе от калориферов и которые были все сняты. Однако, однозначного вывода об их неудовлетворительной работе сделать нельзя, т.к. причины перемерзания трубок могут быть и в других элементах.

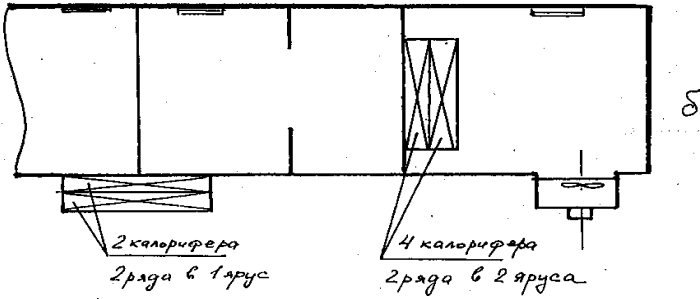


Рис.2. Приточно-вентиляционная установка

Анализ результатов исследований, проведенных ранее, позволяет сделать вывод, что оно проводились по осредненным параметрам потока, выходящего из калорифера и не учитывали микропроцессы, происходящие в отдельных калориферах, их ходах, трубках и распределительных камерах (коллекторах), влияние отклонений в геометрии и расположении отдельных элементов.