

ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ И КОММУНАЛЬНЫХ ОБЪЕКТАХ

И.И. Вислогузова, А. И. Сливинский
Научный руководитель – В.Н. Федяева

Братский государственный университет

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЖИЖЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА НА ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СТАНЦИЯХ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

Одной из проблем при малотоннажном производстве СПГ на ГРС является высокая стоимость очистки газа от высококипящих компонентов. Необходимость этой очистки обусловлена, с одной стороны, требованиями к составу сжиженного газа, как товарного продукта, а, с другой стороны, возможностью забивки технологического оборудования в процессе сжижения из-за кристаллизации CO_2 , метанола и следов масла. Проблема усложняется тем, что содержание этих компонентов в сетевом газе может меняться в широком диапазоне. Поэтому предусмотрена очистка от CO_2 всего количества газа, поступающего в установку, что приводит к увеличению стоимости установки на 20 % при содержании CO_2 в исходном газе на уровне 0,05 %.

В технологиях, где очистка газа от CO_2 отсутствует, что существенно позволяет снизить стоимость установок, но производится сжиженный газ низкого качества (высокое содержание CO_2 и других высококипящих примесей).

При сжижении природного газа на ГРС имеет место изменение давления газа на входе в установку – посезонно, ежемесячно, посуточно из-за колебаний давления в магистральном газопроводе. При этом, естественно, изменяется производительность установки и объемы поставок СПГ потребителю. Чтобы обеспечить постоянный расход при сезонном изменении давления, используют сезонную смену проточной части турбодетандера. Однако при этом не решается вопрос – как обеспечить постоянную производительность установки при относительно небольших колебаниях (10 ÷ 15 %) давления газа в магистральном газопроводе, которые имеют место в течение суток, месяца, года. Проблема усугубляется, если в качестве расширяющего устройства используется вихревая труба или волновой детандер.

В процессе сжижения природного газа на ГРС за счет отводимой энергии можно повысить температуру сетевого газа перед дросселированием, чтобы избежать образования гидратов при снижении температуры после дросселя. Рассматривается возможность использования цикла с дросселированием для повышения температуры сетевого газа, но отсутствует оценка целесообразности этого процесса для других циклов производства СПГ на ГРС.

Рассмотрим технологическую схему сжижения газа на ГРС, обеспечивающую возможность производства СПГ высокого качества (с содержанием CO_2 до 0,01 %), а также особенности производства СПГ при изменении давления в магистральном газопроводе.

Предложена технологическая схема сжижения природного газа на ГРС, основанная на разделении потока газа, поступающего на установку, на две части (двухпоточная схема): на производственный поток, который собственно сжижается, и на технологический поток, который предназначен для получения холода за счет расширения газа в детандере (рисунок 1). При этом от CO_2 очищается только производственный поток, который составляет 10 ÷ 15 % от общего расхода газ на установку. Что касается технологического потока, то за счет выбора параметров цикла (давление и температура потока газа после выхода из детандера) можно исключить кристаллизацию CO_2 из газа на выходе из детандера, а значит, и во всех точках потока.

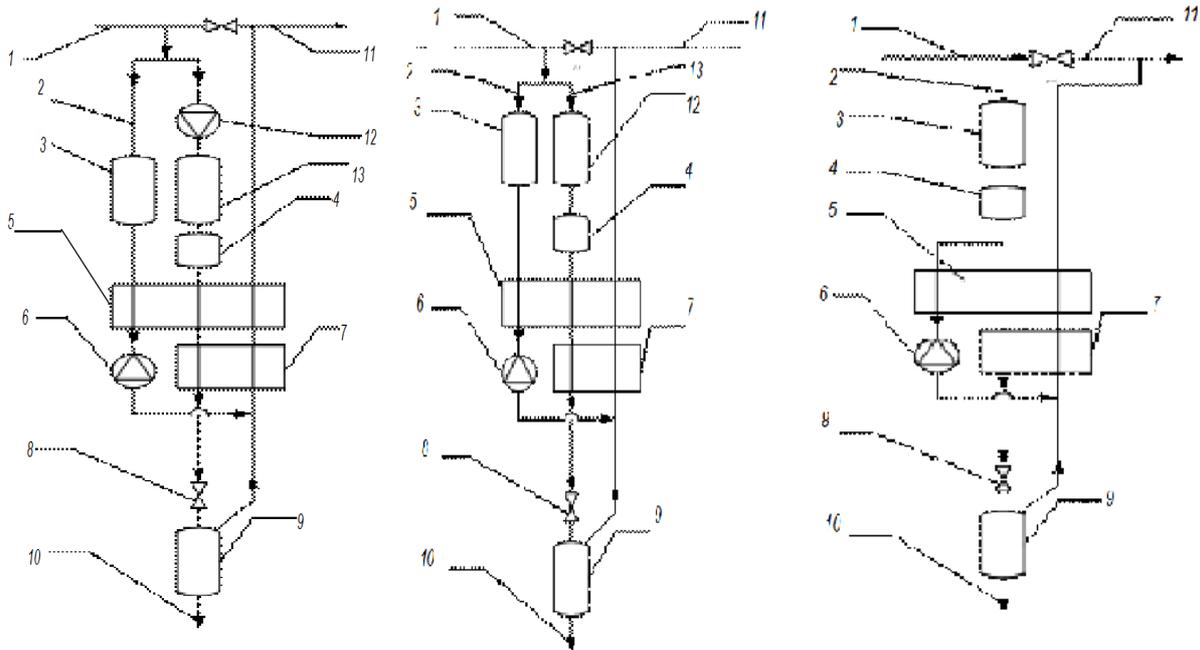


Рис. 1. Схемы производства СПГ на ГРС на базе детандерного цикла с разделением потоков и дожимающим компрессором (цикл двух давлений):

1- магистральный газопровод; 2 – прямой (технологический) поток; 3 – блок осушки; 4 – блок очистки; 5 – предварительный теплообменник; 6 – детандер; 7 – детандерный теплообменник; 8 – дроссельный вентиль; 9 – сборник-сепаратор; 10 – слив СПГ; 11 – распределительный газопровод; 12 – блок осушки производного потока; 13 – дожимающий компрессор

Как известно, для термодинамического цикла Клода (с расширением газа в детандере) имеется некоторое оптимальное значение газа перед детандером, при котором коэффициент сжижения и термодинамическая эффективность цикла имеют максимальное значение. При отклонениях от этого значения коэффициент сжижения уменьшается. Как правило, термодинамический расчет цикла заключается в определении этого оптимального значения. Поскольку для обеспечения высокой растворимости диоксида углерода в газе необходимо повышать температуру перед детандером выше оптимального значения, то необходимо провести термодинамический расчет цикла в неоптимальных режимах.

Термодинамический расчет цикла основан на уравнениях теплового и материального баланса для сечений 1,2,3, которые имеют вид:

$$(hm_1 - hm_2) = (1 - x) * (hn_1 - hn_2) \quad (1)$$

$$(1 - M) * (hn_2 - hn_3) = (1 - x) * (hm_2 - hm_3) \quad (2)$$

$$hn_3 = hm_2 - \eta \Delta h_{2-3} \quad (3)$$

$$x = \frac{(hn_3 - hm_3) * (1 - M)}{hn_3 - hm_3} \quad (4)$$

где m, n – и индексы прямого и обратного потока, соответственно; hns – энтальпия насыщенной жидкости; Δh_{2-3} – изоэнтропный перепад энтальпий в детандере, определяется из предварительного расчета; M – доля детандерного потока от полного расхода газа на установку; x – коэффициент сжижения (доля сжиженного газа от полного расхода газа установку).

Целью расчета является определение значений, $hm_2, hm_3, hn_1, hn_2, hn_3, M, x$, т. е. имея 7 неизвестных при 4 уравнениях, поэтому, как правило, значениями $T1(h1), (hm_3 - hn_3)$ – задаются. Затем подбирают значение температуры (энтальпии) газа перед детандером Tm_2 , чтобы разность температур в детандерном теплообменнике имела минимальное

значение. При выполнении этого условия коэффициент сжижения X принимает максимальное значение, а доля детандерного потока является оптимальной

При расчете неоптимальных режимов необходимо задаваться температурой газа перед детандером и минимальной разностью температур в детандерном теплообменнике, а результатом расчетов является коэффициент сжижения, доля детандерного потока и разность температур между прямым и обратным потоком на входе в установку. На рисунке 2 представлены значения коэффициента сжижения при различных температурах газа перед детандером (давление прямого потока 3,5 МПа, давление обратного потока 0,6 МПа). Видно, что если при оптимальной температуре 225 К коэффициент сжижения равен 0,14, то при повышении температуры до 235 К коэффициент сжижения уменьшается до 0,105, т. е. на 25 %.

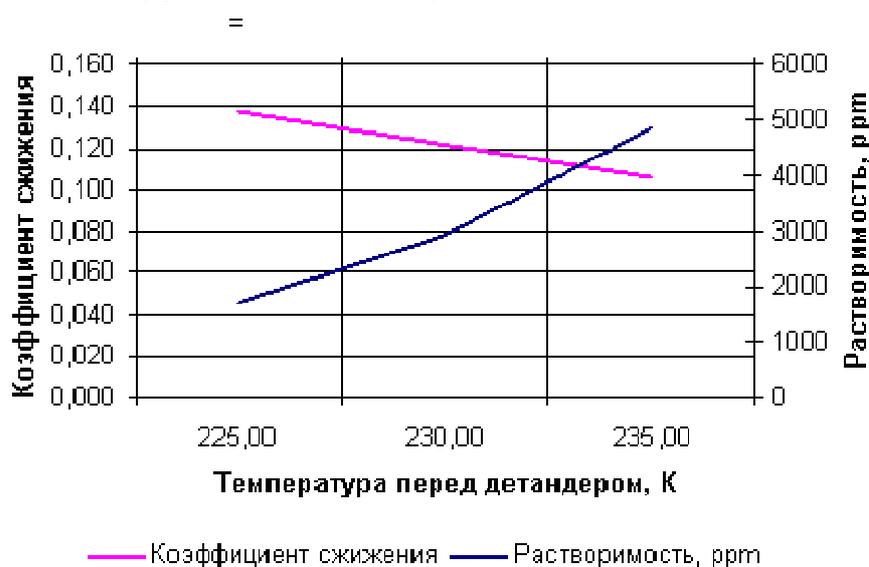


Рис. 2. Коэффициент сжижения и растворимость диоксида углерода в газе при различных температурах газа перед детандером

Давление прямого потока 3,5 МПа. Давление обратного потока 0,6 МПа

Значения растворимости CO_2 в газе после детандера можно определить из условия:

$$C_{CO_2} = F \frac{P_{CO_2}}{P} \quad (5)$$

где C_{CO_2} – растворимость диоксида углерода в газообразном метане, моль/моль; P_{CO_2} – упругость паров диоксида углерода над кристаллом; P – давление газа; $F > 1$ – поправочный коэффициент для действительного значения растворимости.

Упругость паров диоксида углерода над кристаллом определяется по зависимости

$$\lg P_{CO_2} = \frac{-1275,6}{T} + 0,00683 \cdot T + 8,307 \quad (90 - 140 \text{ К}). \quad (6)$$

Также на рисунке 2 представлены значения растворимости CO_2 в газе за детандером при различном значении температуры. Видно, что при оптимальном значении температуры 225 К значение растворимости составляет около 2000 ppm, т. е. при содержании CO_2 в исходном газе до 0,2 % нет необходимости в очистке технологического потока газа от диоксида углерода. Такое большое значение растворимости объясняется высоким давлением обратного потока (0,6 МПа), которое равно давлению в распределительном газопроводе. Если повышать температуру газа перед детандером до 235 К, то растворимость увеличится до 5000 ppm (0,5 %), но как указывалось выше, коэффициент сжижения уменьшится на 25 %. Таким образом, применение двухпоточной схемы при производстве СПГ по циклу Клода позволяет отказаться от очистки производственного потока при содержании CO_2 в сетевом газе ниже 0,2 %, при этом значение коэффициента сжижения останется максимальным. При со-

держании диоксида углерода в сетевом газе свыше 0,2 % необходимо повышать температуру газа перед детандером и переходить в неоптимальные режимы работы установки. При этом наряду с повышением растворимости (до 0,5 %) происходит снижение производительности (до 25 %).

При дальнейшем повышении содержания CO_2 в сетевом газе коэффициент сжижения резко снижается из-за большой недорекупации на входе в установку. Однако, если повысить давление продукционного потока до сверхкритического давления, то изменяется характер теплообмена в детандерном теплообменнике (рисунок 3) и растворимость CO_2 в газе может быть увеличена до 2,5 % при давлении прямого потока 3,5 МПа, давлении продукционного потока 6 МПа, давлении в распределительном газопроводе 0,6 МПа. Даже при снижении давления за детандером до 0,2 МПа растворимость CO_2 в газе остается достаточно высокой (0,2 %).

Давление продукционного потока повышается с помощью дожимающего компрессора (рисунок 1), мощность которого для данного примера составляет около 40 кВт.

Таким образом, применение двухпоточной схемы в циклах с детандером позволяет повысить эффективность (снизить себестоимость СПГ) сжижения природного газа на ГРС.

Библиографический список

1. Комина, Г. П., Прошутинский, А. О. Гидравлический расчет и проектирование газопроводов: учебное пособие по дисциплине «Газоснабжение» для студентов специальности 270109 – теплогазо-снабжение и вентиляция / Г. П. Комина, А. О. Прошутинский; СПбГАСУ. – СПб., 2010. – 148 с.
2. Филатов Ю.П., Клоков А.А., Марухин А.И. Системы газоснабжения: Учебное пособие.-Н. Новгород, 1993. -97 с.
3. ГОСТ 21.609-83.
4. ГОСТ 21.610-85.
5. Жила, В. А. Газовые сети и установки. – 2-е изд. / В. А. Жила. М., 2007.

А.С. Муравьева
Научный руководитель - В.К. Елсуков

Братский государственный университет

СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ СЖИГАНИИ ИРША-БОРОДИНСКОГО УГЛЯ

На Иркутской ТЭЦ-6, сжигающей ирша-бородинский бурый уголь и котлах БКЗ-320-140ПТ с жидким шлакоудалением, внедрены и опробованы различные технические решения для снижения выбросов оксидов азота. Рассматривается ступенчатое сжигание топлива путем его перераспределения между верхними и нижними ярусами горелок, и изменение концентрации NO_x при различных избытках воздуха и доли рециркуляции газов.

В [1] как раз рассмотрены сравнительные испытания двух котлов для комплексной оценки экологической эффективности технологических методов снижения концентраций NO_x . Также использовались результаты испытаний и замеров в котлах БКЗ-320-140ПТ (ст.№5 и 7) для выявления вклада в загрязнении атмосферы города выбросами вредных веществ при сжигании и пыли высокой концентрации.

Основанием для разработки воздухоохраных мероприятий, не связанных с технологией сжигания топлива, является комплексная оценка загрязненности продуктов сжигания.

Полученные данные по содержанию компонентов выбросов в дымовых газах послужили основанием для расчетов обобщенного и частных индексов загрязненности дымовых газов. Структуру обобщенного индекса загрязненности дымовых газов в долях слагающих его частных индексов наглядно показывает диаграмма на рис. 1.

Преобладающая доля в обобщенном индексе загрязненности выбрасываемых в атмосферу дымовых газов принадлежит золе (около 60%). Это акцентирует внимание среди всех воздухоохраных мероприятий на повышение эффективности золоулавливания.

Несмотря на достигнутое в результате комплекса технологических мероприятий значительное снижение уровня концентрации оксидов азота в дымовых газах и доведение его до

нормативных показателей для новых котельных установок, доля NO_x (более 26%) в индексе загрязненности велика. В случае решения задачи повышения эффективности очистки дымовых газов от золы частный индекс NO_x еще более возрастает. Это свидетельствует об актуальности дальнейшего совершенствования экологических характеристик оборудования по данному компоненту [2].

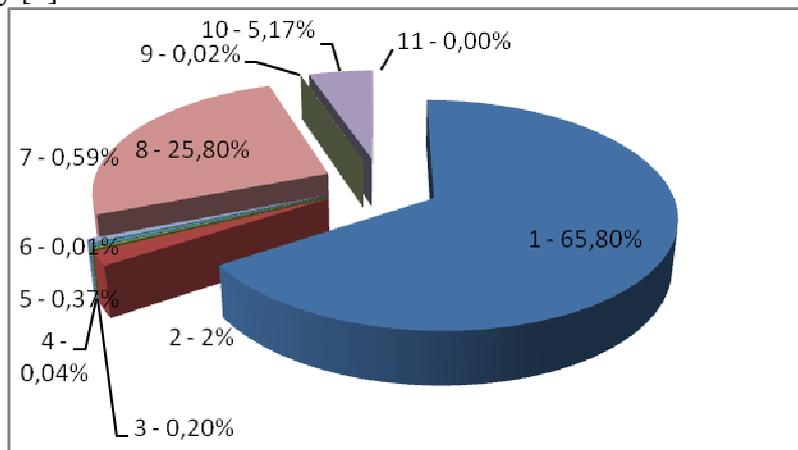


Рис.1 Структура обобщенного индекса загрязненности дымовых газов ТЭЦ

1 – зола; 2 – микроэлементы; 3 – HCl; 4 – БП; 5 – HF; 6 – CO; 7 – NO; 8 – NO₂; 9 – HDMA; 10 – SO₂; 11 – хлороорганические соединения

Базовым технологическим мероприятием по снижению выбросов оксидов азота послужил перевод котлов на систему сжигания с транспортом пыли высокой концентрации под разрежением, поскольку обеспечил значительное снижение концентрации оксидов азота в уходящих газах – с 900 до 500÷600 мг/м³, неоднократно подтвержденное последующими испытаниями котлов. Поэтому дальнейшее сокращение выбросов оксидов азота следовало проводить за счет внедрения ступенчатого сжигания, усиления роли фактора предварительного прогрева угольной пыли, а также за счет определения оптимальных режимных параметров.

Опыты с варьированием избытком воздуха показали, что при различных нагрузках котла зависимость концентрации оксидов азота в уходящих газах от коэффициента избытка воздуха носит экстремальный характер.

Экспериментальные исследования влияния отдельных конструктивных и режимных факторов работы паровых котлов на образование основных компонентов вредных выбросов выполнены в натуральных условиях эксплуатации действующих паровых котлов. Для этого использовались эксплуатационное оснащение теплотехнического контроля, а также дополнительные средства пробоотбора и измерений, предусматриваемые теплотехническими испытаниями котельных установок и рабочими программами участвовавших в исследованиях групп.

Данные исследования производились на двух паровых котлах, реконструированных для сжигания пыли высокой концентрации, транспортируемой под разрежением, и оснащенных замкнутыми (котел со стационарным №7) и разомкнутыми (котел со стационарным №5) системами пылеприготовления[3].

Испытания котла БКЗ-320-140 ПТ (ст. №7) при сжигании ПВК под разрежением показали: Концентрации оксидов азота, Б(а)П, оксидов серы, горючих в уносе и в шлаке в диапазоне нагрузок (215-300) т/ч и $\alpha_{\text{пп}} = 1,14-1,5$ приведенные к $\alpha=1,4$ составляют: $\text{NO}_x = (294-510)$ мг/м³, Б(а)П = (3-14,3)МГК/100м³, $\text{SO}_2 = (97-140)$ мг/м³, $C_y^r = (0,2-1,4)\%$, $C_{\text{шл}}^r = (0,2-1,0)\%$.

С увеличением $\alpha_{\text{пп}}$ от 1,1 до 1,3 в диапазоне нагрузок (215-300)т/ч концентрации Б(а)П, горючих в шлаке и уносе уменьшаются, а концентрации оксидов азота увеличиваются. С дальнейшим ростом $\alpha_{\text{пп}}$ до 1,5 концентрации оксидов азота снижаются, а Б(а)П, горючих в шлаке и уносе увеличиваются. Концентрации оксидов серы остаются без изменения.

Испытания котла БКЗ-320-140 ПТ (ст.№5) показали: Концентрации оксидов азота и оксидов серы при сжигании ПВК в диапазоне нагрузок (205-297) т/ч и $\alpha_{\text{пп}} = 1,18-1,32$ близки к таковым в дымовых газах котла (ст.№7), а концентрации Б(а)П и горючих в уносе значительно выше и составляют при $\alpha = 1,4$: $\text{NO}_x = (393-533) \text{ мг/м}^3$, Б(а)П = (26-45)МГК/100м³, $\text{SO}_2 = (99-143) \text{ мг/м}^3$, $C_y^r = (2,1-6,1)\%$.

Концентрации оксидов азота в уходящих газах при $\alpha = 1,4$ и нагрузке близкой к номинальной при сжигании ПВК под разрежением в топке котла БКЗ-320-140 ПТ с жидким шлакоудалением ниже установленных предельно допустимых значений (536 мг/м^3), а в отдельных опытах близки к ним.

Реализация технологических методов на котле БКЗ-320-140 ПТ сочетанием двух схем ступенчатого сжигания, позволяет при оптимизации режимных факторов достичь необходимого снижения содержания оксидов азота в уходящих газах.

На котле, оснащенный двумя замкнутыми пылесистемами (Б, В) и двумя разомкнутыми пылесистемами (А, Г), при режиме, обеспечивающем минимальное содержание NO_x и уходящих газов (избыток воздуха, ступенчатость подачи топлива, расход пара на ПВК), проводились серия опытов с разным сочетанием работающих пылесистем: А, Г; Б, В; А, В. Коэффициент рециркуляции дымовых газов r при этом составил: для А, Г – 0; А, В – 0,11; Б, В – 0,22[2].

Полученные данные подтверждают, что концентрация оксидов азота в уходящих газах при работе котла с разомкнутыми пылесистемами выше на 20-25%, чем при работе котла с замкнутыми пылесистемами. Одновременно сброс дымовых газов в газоход перед золоуловителями приводит к росту концентраций бенз(а)пирена в уходящих газах на 25-30%.

Предполагается выполнить расчеты с изменением доли рециркуляции и посмотреть как измениться температура газов на выходе из топки.

Библиографический список

1. Будилов О.И., Корнев Н.В., Рожков М.А., Соколова Я.И. Снижение выбросов вредных веществ при сжигании ирша-бородинского угля в виде пыли высокой концентрации в котле БКЗ-320-140ПТ. – Теплоэнергетика. 1997.
2. Росликов П.В., Егорова Л.Е., Ионкин И.Л. Технологические мероприятия по снижению вредных выбросов ТЭС в атмосферу. Под ред. П.В.Росликова. М.: Изд-во МЭИ, 2001.
3. Будилов О.И., Заворин А.С. опыт улучшения экологических характеристик тепловой электростанции. – Томск: Изд-во «Красное знамя», 1994. – 100с.
4. Результаты испытаний и замеров в котлах БКЗ-320-140ПТ (ст.№5 и 7).

В.В. Новиков

Братский государственный университет

СОВРЕМЕННЫЕ КОМПРЕССОРНЫЕ СТАНЦИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ СЖАТОГО ВОЗДУХА

Сжатый воздух - очень удобный энергоноситель и инструмент одновременно. В связи с этим его часто используют для питания поточных автоматических линий, различного пневмоинструмента, пневмотранспорта, прессового и формовочного оборудования. Воздух, будучи более дорогим энергоносителем по сравнению с электроэнергией, обладает рядом преимуществ, а именно: высокая технологичность (на единицу веса пневмоинструмент производительнее, чем электроинструмент, 75% и 45% соответственно), электробезопасность, пожаробезопасность. Эти качества пневмоинструмента позволяют значительно увеличить производительность и качество выполняемых работ, механизировать трудоемкие операции, ускорить выполнение ремонтных работ и тем самым снизить время ремонта и простоя агрегатов. Однако есть и существенные минусы использования сжатого воздуха. Как сказано выше, это высокая цена, металлоемкость оборудования, малая мобильность и в связи с этим ограниченное применение воздуха.

Другими словами, чтобы создать пневмосистему на предприятии, необходимо выделить определенное место под компрессорную станцию, распределить по сети осушающие,

фильтрующие, маслоотделяющие устройства, произвести подвод электроэнергии. То есть, для производств, которые не имеют необходимых условий, применение сжатого воздуха невозможно. Но прогресс не стоит на месте. Использование блочно-модульных компрессорных станций решило эту проблему.

Блочные компрессорные станции (БКС) представляют собой смонтированные в стандартном контейнере готовые системы по снабжению предприятий сжатым воздухом или газом. Стандартный состав компрессорной станции: компрессор, осушитель, ресивер, фильтры, система автоматического управления, оборудование жизнеобеспечения станции. Станция работает в автоматическом режиме и не требует постоянного присутствия человека. Для ввода блочно модульной компрессорной станции в работу необходима горизонтальная площадка по размерам сопоставимая с самим блок контейнером, а также подвод напряжения 380В. Окружающая температура эксплуатации блочно модульной компрессорной станции от -60 °С до +50 °С.



Рис. 1. Блочно–модульная компрессорная станция

Общие технические характеристики блочных компрессорных станций:

Объемный выход воздуха, нм ³ /ч	до 10000
Давление, атм	до 30
Точка росы, °С	70
Температура окружающей среды	
Во время работы, °С	-50...+40
Во время хранения, °С	-60...+50
Время выхода на рабочий режим не более, мин	10

Преимущества блочных компрессорных станций БКС:

1. Возможность установки компрессоров различных типов (поршневых, винтовых с электрическим приводом, винтовых с приводом от дизельного двигателя, турбокомпрессоров, воздуходувок, а также дожимных компрессоров и компрессоров высокого давления).

2. Возможность установки дополнительного оборудования: дизельных электростанций, устройств для ускоренной зарядки и опробования тормозов железнодорожного транспорта и т.д.

3. Полная автоматизация и возможность вывода информации и управления БКС через ПК не требует присутствия обслуживающего персонала рядом с компрессорной станцией.

4. Станции разработаны с учетом требований безопасности, а также экологических требований.

5. Станции не требуют затрат на капитальное строительство, фундаментов и навесов, мобильны и могут перевозиться любым видом транспорта (по железной и авто дорогам).

6. Современная высокоинтеллектуальная система управления гарантирует максимально возможный легкий и удобный контроль над работой станции.

Система управления обеспечивает:

- Полный контроль работы всех систем станции.

- Возможность ручного, автоматического и удалённого управления.
- Возможность интеграции системы управления установки в общезаводскую систему управления.
 - Наличие аварийных блокировок в случае выхода основных технологических параметров за допустимые пределы.
 - Переход станции в режим ожидания при отсутствии потребления воздуха.
 - Широкий набор дополнительных опций, включая возможность контроля параметров установки через Интернет.
 - Архивирование основных технических параметров станции.
 - Панель управления имеет активный ЖК-дисплей и «горячие» кнопки для быстрого доступа к наиболее важным функциям.

Так же существуют и передвижные компрессорные станции. Отличие передвижной компрессорной станции (ПКС) от обычной стационарной состоит в том, что такая ПКС уже на заводе-изготовителе монтируется на передвижное шасси или платформу. Это делает установку маневренной и удобной для транспортировки и дает возможность начать эксплуатацию ПКС сразу после доставки на объект без выполнения каких-либо монтажных работ.

Дизельная ПКС характеризуется следующими особенностями:

Соединение винтового компрессора с дизельным двигателем осуществляется через муфту сцепления, что позволяет:

- обеспечить плавную передачу крутящего момента двигателя на ротор винтового компрессора;
- запускать и прогревать двигатель без нагрузки, если возникает такая необходимость;
- все рычаги управления, пульт и раздаточные краны размещены на наружной панели корпуса, благодаря чему управление станцией не требует раскрытия кожуха.



Рис. 2. Передвижная компрессорная станция

ПКС укомплектована дизельным двигателем распространенной конструкции – Д243, производства Минского моторного завода, используемым для тракторов МТЗ, что снимает практически все проблемы его эксплуатации: существует развитая сеть центров сервисного обслуживания, всегда свободное наличие запасных частей и квалифицированных специалистов по эксплуатации и ремонту. Двигатель имеет жидкостное охлаждение, отличается простотой технического обслуживания и низкой требовательностью к качеству дизельного топлива.

Эксплуатировать установку можно в широком диапазоне температур: -30 - +45 °С, выполняя только требования по снабжению ПКС специальными маслами.

Библиографический список

1. www.chzmek.ru
2. www.energoteh.com
3. www.proektant.org

СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДАНИЯ

Здоровье, работоспособность, да и просто самочувствие человека в значительной степени определяются условиями микроклимата и воздушной среды в жилых и общественных помещениях, где он проводит значительную часть своего времени.

Если говорить о физиологическом воздействии на человека окружающего воздуха, то следует напомнить, что человек в сутки потребляет около 3 кг пищи и 15 кг воздуха. Что это за воздух, какова его свежесть и чистота, душно, жарко или холодно человеку в помещении, во многом зависит от инженерных систем, специально предназначенных для обеспечения воздушного комфорта.

Системы кондиционирования и вентиляции все больше обуславливают комфорт нашей жизни, актуальность этого явления и послужила причиной написания данной работы, целью которой является исследование этих систем.

Виды систем вентиляции зданий и помещений

Вентиляция (от лат. ventilatio проветривание) - это регулируемый воздухообмен в помещениях, создающий благоприятное для человека состояние воздушной среды (состава воздуха, температуры, влажности и пр.), а также совокупность технических средств, обеспечивающих такой воздухообмен.

В первую очередь, вентиляция должна обеспечивать правильный состав воздуха. Человек в процессе жизнедеятельности расходует кислород и выделяет углекислый газ. Здоровый воздух для дыхания должен содержать не менее 21% кислорода, уменьшение же концентрации кислорода в воздухе может вызывать ощущение духоты, недомогание, головную боль. Постоянная нехватка кислорода снижает работоспособность, отрицательно сказывается на здоровье человека, ускоряет процесс старения.

Кроме того, в закрытом помещении обычно присутствуют источники загрязнения воздуха - строительные материалы, содержащие асбест, мебель из ДСП, бытовая химия, газовые плиты. Чтобы не допускать высокой концентрации вредных веществ в воздухе и существенного понижения содержания кислорода, воздух в жилом помещении должен полностью обновляться как минимум один раз в течение часа (кратность воздухообмена в час равна 1). В помещениях со специальными функциями кратность воздухообмена должна быть больше, например, в кухне кратность воздухообмена в час - не меньше трёх, в помещении, предназначенном для курения - 10.

Современные системы вентиляции не только обновляют воздух в помещении, они могут также очищать подаваемый воздух, увлажнять его, нагревать или охлаждать до нужной температуры, создавая в помещении наиболее комфортные для человека условия.

Классификация систем вентиляции

Вентиляцией называется совокупность мероприятий и устройств, используемых при организации воздухообмена для обеспечения заданного состояния воздушной среды в помещениях и на рабочих местах в соответствии со СНиП (Строительными нормами).

Системы вентиляции обеспечивают поддержание допустимых метеорологических параметров в помещениях различного назначения.

При всем многообразии систем вентиляции, обусловленном назначением помещений, характером технологического процесса, видом вредных выделений и т. п., их можно классифицировать по следующим характерным признакам:

1. По способу создания давления для перемещения воздуха: с естественным и искусственным (механическим) побуждением.
2. По назначению: приточные и вытяжные.
3. По зоне обслуживания: местные и общеобменные.

4. По конструктивному исполнению: каналные и безканалные.

Классификация систем кондиционирования.

Кондиционирование воздуха — это создание и автоматическое поддержание (регулирование) в закрытых помещениях всех или отдельных параметров (температуры, влажности, чистоты, скорости движения воздуха) на определенном уровне с целью обеспечения оптимальных метеорологических условий, наиболее благоприятных для самочувствия людей или ведения технологического процесса.

Кондиционирование воздуха осуществляется комплексом технических средств, называемым системой кондиционирования воздуха (СКВ) - рис.1. В состав СКВ входят технические средства забора воздуха, подготовки, т. е. придания необходимых кондиций (фильтры, теплообменники, увлажнители или осушители воздуха), перемещения (вентиляторы) и его распределения, а также средства хладо- и теплоснабжения, автоматики, дистанционного управления и контроля. СКВ больших общественных, административных и производственных зданий обслуживаются, как правило, комплексными автоматизированными системами управления.

Автоматизированная система кондиционирования поддерживает заданное состояние воздуха в помещении независимо от колебаний параметров окружающей среды (атмосферных условий).

Основное оборудование системы кондиционирования для подготовки и перемещения воздуха агрегируется (компоуется в едином корпусе) в аппарат, называемый кондиционером. Во многих случаях все технические средства для кондиционирования воздуха скомпонованы в одном блоке или в двух блоках, и тогда понятия «СКВ» и «кондиционер» однозначны.

Прежде чем перейти к классификации систем кондиционирования, следует отметить, что общепринятой классификации СКВ до сих пор не существует и связано это с многовариантностью принципиальных схем, технических и функциональных характеристик, зависящих не только от технических возможностей самих систем, но и от объектов применения (кондиционируемых помещений).

Современные системы кондиционирования могут быть классифицированы по следующим признакам:

- по основному назначению (объекту применения): комфортные и технологические;
- по принципу расположения кондиционера по отношению к обслуживаемому помещению: центральные и местные;
- по наличию собственного (входящего в конструкцию кондиционера) источника тепла и холода: автономные и неавтономные;
- по принципу действия: прямоточные, рециркуляционные и комбинированные;
- по способу регулирования выходных параметров кондиционированного воздуха: с качественным (однотрубным) и количественным (двухтрубным) регулированием;
- по степени обеспечения метеорологических условий в обслуживаемом помещении: первого, второго и третьего класса;
- по количеству обслуживаемых помещений (локальных зон): однозональные и многозональные;
- по давлению, развиваемому вентиляторами кондиционеров: низкого, среднего и высокого давления.

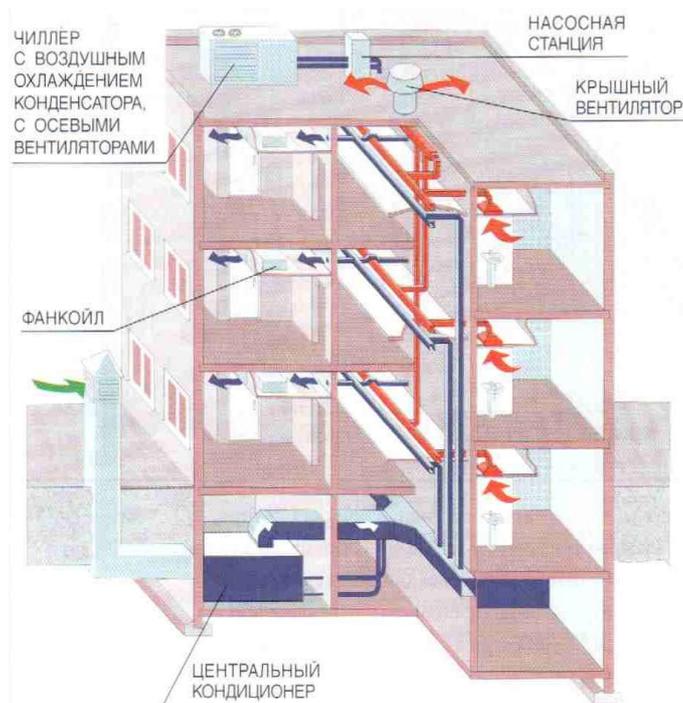


Рис. 1. Схема системы кондиционирования и вентиляции общественного здания

Библиографический список

1. «Системы вентиляции и кондиционирования, теория и практика», М. «ЕвроКлимат», 2000г.
2. Журнал «Мир Климата», Спецвыпуск «потребителю», М. «ЕвроКлимат», 2001г.
3. Журнал «Мир Климата» №15, М. «ЕвроКлимат», 2003г.
4. «Советский энциклопедический словарь», М. «Советская Энциклопедия» 1988г.

Д.В. Пилипчук

Братский государственный университет

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ЧАСТОТЫ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ

По существующим правилам при диспетчерском управлении частота электрического тока в энергосистемах должна непрерывно поддерживаться на уровне 50 Гц с отклонениями не более +0,1 Гц. Допускается временная работа энергосистем с отклонением частоты в пределах +0,2 Гц. При этом расхождение между астрономическим и синхронным временем допускается не более +2 мин за сутки.

Пока в энергосистеме имеется вращающийся резерв активной мощности, системы регулирования частоты и мощности будут поддерживать заданный уровень частоты. После того как вращающийся резерв будет исчерпан, дефицит активной мощности, вызванный отключением части генераторов или включением новых потребителей, повлечет за собой снижение частоты в энергосистеме.

Аварийное снижение частоты в энергосистеме, вызванное внезапным возникновением значительного дефицита активной мощности, протекает очень быстро — в течение нескольких секунд. Поэтому дежурный персонал не успевает принять каких-либо мер, вследствие чего ликвидация аварийного режима должна возлагаться на устройства автоматики. Для предотвращения развития аварии должны быть немедленно мобилизованы все резервы активной мощности, имеющиеся на электростанциях. Все вращающиеся агрегаты загружаются до предела с учетом допустимых кратковременных перегрузок.

При отсутствии вращающегося резерва единственным возможным способом восстановления частоты является отключение части наименее ответственных потребителей. Это и осуществляется с помощью специальных устройств — автоматической частотной разгрузки, срабатывающих при опасном снижении частоты.

Глубина снижения частоты зависит не только от дефицита мощности в первый момент аварии, но и от характера нагрузки. Потребление мощности одной группой потребителей, к которой относятся электроосветительные приборы и другие установки, имеющие чисто активную нагрузку, не зависит от частоты и при ее снижении остается постоянным. Потребление же другой группы потребителей - электродвигателей переменного тока - при уменьшении частоты снижается. Чем больше в энергосистеме доля нагрузки первой группы, тем больше понизится частота при возникновении одинакового дефицита активной мощности. Нагрузка потребителей второй группы будет в некоторой степени сглаживать эффект снижения частоты, поскольку одновременно будет уменьшаться потребление мощности электродвигателями.

Уменьшение мощности, потребляемой нагрузкой при снижении частоты, или, как говорят, регулирующий эффект нагрузки, характеризуется коэффициентом $k_{нагр}$.

Коэффициент регулирующего эффекта нагрузки показывает, насколько процентов уменьшается потребление нагрузки активной мощности на каждый процент снижения частоты. Значение коэффициента регулирующего эффекта нагрузки должно определяться специальными испытаниями и принимается при расчетах равным 1,5—2,5.

Устройства АЧР должны устанавливаться там, где возможно возникновение значительного дефицита активной мощности во всей энергосистеме или в отдельных ее районах, а мощность потребителей, отключаемых при срабатывании устройств АЧР, должна быть достаточной для предотвращения снижения частоты, угрожающего нарушением работы механизмов собственного расхода электростанций, что может повлечь за собой лавину частоты. Устройства АЧР должны выполняться с таким расчетом, чтобы была полностью исключена возможность даже кратковременного снижения частоты ниже 45 Гц, время работы с частотой ниже 47 Гц не превышало 20 с, а с частотой ниже 48,5 Гц— 60 с.

Таким образом, в объединенных энергосистемах при наличии резерва генераторной мощности основной задачей становится обеспечение (в условиях поддержания частоты на нормированном уровне) наиболее экономичного распределения нагрузок между параллельно работающими агрегатами.

В условиях объединенных энергосистем полное экономичное использование генерирующих мощностей электростанций иногда оказывается невозможным из-за недостаточной пропускной способности внутрисистемных и межсистемных связей; в этих условиях первоочередной задачей устройств автоматического регулирования является обеспечение возможности максимальной по условиям статической устойчивости передачи мощности по этим связям.

Автоматическое управление гидротурбинным оборудованием осуществляется системой, состоящей из комплекса устройств и аппаратуры, позволяющей обеспечить работу гидромашин без участия обслуживающего персонала.

Система регулирования, осуществляющая количественное изменение расхода воды, поступающей на рабочее колесо турбины, состоит из следующих элементов:

- электрогидравлический регулятор скорости вращения турбины
- маслonaпорная установка, включающая в себя масловоздушный котел, сливной бак, маслонасосы, маслопроводы;
- направляющий аппарат с сервомоторами.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что на современном этапе на устройства автоматического регулирования возлагаются функции: поддержания частоты в объединении, экономического распределения нагрузок между параллельно работающими агрегатами и регулирования (ограничения) перетоков при наличии слабых межсистемных или внутрисистемных связей.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

С развитием технологий строительства происходит вытеснение традиционных материалов новыми. Уже с начала 1960-х годов полиэтилен зарекомендовал себя как материал, чьи качественные показатели наилучшим образом отвечают потребностям производства труб для распределительных трубопроводов.

Применение полиэтилена для производства труб газо- и водоснабжения привело к коренным изменениям индустрии строительства трубопроводов по всему миру. В подавляющем количестве стран более 90% вновь вводимых в строй трубопроводных распределительных систем для газа и воды изготовлены из полиэтилена. И это закономерный результат тех хорошо известных и многочисленных преимуществ, которыми обладает полиэтилен по сравнению с традиционными жесткими материалами. Рассмотрим преимущества полиэтиленовых труб перед металлическими:

- Долговечность. Гарантированный срок эксплуатации полиэтиленовых трубопроводов составляет 50 лет, расчетный срок до 150 лет.

- Коррозийная стойкость. Физические и химические свойства полиэтилена гарантируют прекрасную герметичность и высокую стабильность под воздействием агрессивных веществ, находящихся в почве и в транспортируемой среде, в течение всего срока эксплуатации. Полиэтиленовые трубопроводы не подвержены зарастанию внутренней поверхности продуктами коррозии и карбонатными отложениями. В результате зарастания внутренней поверхности пропускная способность металлических труб снижается через пять лет эксплуатации, в зависимости от группы воды, на 10-48%, через десять лет – на 14-57%, через 20 лет – 20-68%.

- Спротивляемость блуждающим токам. Полиэтиленовые трубопроводы не подвержены действию блуждающих токов, в свою очередь металлические трубопроводы часто пробиваются им. Полиэтилен обладает хорошими электроизоляционными свойствами.

- Скорость и экономичность монтажа. Для сварки полиэтиленовых труб не требуется тяжелая техника. Сваривать трубы может бригада из 1-2 человек. Значительно ниже потребление электроэнергии или топлива по сравнению со сваркой стальных труб. А применение так называемых «длинномерных труб» (на катушках или в бухтах) снижает количество сварных соединений в 50-100 раз. Все это значительно ускоряет строительство полиэтиленовых трубопроводов и снижает стоимость монтажа. Кроме того, трубы из полиэтилена легче стальных в 2-4 раза и поэтому перемещения при монтаже не требуют грузоподъемных механизмов. Одно транспортное средство перевозит в 2-4 раза больше полиэтиленовых труб, чем стальных.

- Эластичность. Гибкость полиэтиленовых труб упрощает строительство и позволяет отказаться от покупки отводов. Полиэтиленовые трубы обладают повышенной стойкостью к гидравлическим ударам при нормальном уплотнении грунта.

- Повышенная пропускная способность. Увеличение пропускной способности полиэтиленовых труб нарастает со временем по двум причинам. Во-первых, диаметр полиэтиленовых труб увеличивается в процессе эксплуатации без потери работоспособности за счет характерного для полиэтилена явления ползучести. Это увеличение составляет 1,5% за первые десять лет и 3% за весь срок службы трубопровода. Во-вторых, внутренняя поверхность полиэтиленовой трубы со временем становится более мягкой и гладкой, вследствие набухания граничного слоя полимера и возникновения специфического поверхностного эффекта эластичности, который улучшает условия обтекания стенки трубы и снижает сопротивление движению. Гладкость полимерных труб на 30% выше, чем стальных, благодаря чему происходит снижение потерь давления в трубах. Это дает возможность - использовать полиэтилен-

новый трубопровод диаметром на один сортамент меньше по сравнению со стальным, что естественно ведет к экономии денежных средств при укладке трубопровода.

- Экономия на изоляции. Для прокладки подземных трубопроводов из стальных труб требуется изоляция поверхности труб полимерными пленками либо битумной мастикой. Все виды полиэтилена - плохие проводники тепла, благодаря чему изготовленным из них трубопроводам не требуются объемы изоляции, необходимые для металлических труб. Теплопроводность полиэтиленовых труб в 175 раз меньше, чем стальных, и в 1300 раз меньше, чем медных труб.

При выборе материала для прокладки трубопровода следует учесть, что стоимость полиэтиленовой трубы ниже изолированной стальной трубы.

- Безопасность. Трубы для хозяйственно-питьевого водоснабжения изготавливают из полиэтилена марок, разрешенных органами здравоохранения по ГОСТ 18599-2001 Межгосударственный стандарт. Полиэтиленовые водопроводы токсикологически и бактериологически безопасны, их внутренний слой не выделяет в воду никаких вредных примесей.

- Полиэтиленовые трубы очень "малозумные", они глушат звук протекания воды, что не присуще металлическим трубопроводам.

- На наружной поверхности полиэтиленовых трубопроводов холодной воды практически не наблюдается явление конденсации влаги.

- Температурный интервал эксплуатации полиэтиленовых трубопроводов от минус 45 °С до плюс 60 °С. При замерзании жидкости в полости трубопровода трубы не разрушаются, а увеличиваются в диаметре, приобретая прежний размер при оттаивании.

Итак, такие основные качества как долговечность, экономичность, сокращение времени строительства, устойчивость к агрессивным средам, эластичность материала, безопасность все чаще заставляют делать выбор в пользу именно полиэтиленовых труб при строительстве трубопроводов различного назначения.

При выборе полиэтиленовых труб для конкретного применения нужно исходить из основных характеристик и параметров трубопровода (ГОСТ 18599 – 2001 Межгосударственный стандарт): минимальная длительная прочность, максимальное операционное давление, стандартное размерное отношение, коэффициент запаса прочности и др.

Для российских застройщиков и инвесторов одним из основных критериев при выборе трубной продукции для строительства трубопроводов является стоимость и экономическая целесообразность.

Для определения экономического эффекта от использования полиэтиленовой продукции были рассчитаны локальные сметы на работы по замене аварийного трубопровода с использованием стальных и полиэтиленовых труб на примере ветхого канализационного трубопровода, протяженностью 1268 погонных метров, в городе Братске.

Таблица 1

Сравнительный анализ показателей на основе сметной стоимости работ по замене аварийного участка канализационного трубопровода с использованием стальных и полиэтиленовых труб

Наименование показателей	Единица измерения	Замена стальными трубами	Замена ПЭ трубами	Изменение, +,-
Стоимость общестроительных работ	тыс. руб.	6614,10	6082,46	-513,64
в том числе:				
материалы	тыс. руб.	6329,45	5970,91	-358,54
эксплуатация машин	тыс. руб.	208,10	73,32	-134,78
фонд оплаты труда	тыс. руб.	76,56	39,24	-37,32
Накладные расходы	тыс. руб.	99,53	51,01	-48,52
Сметная прибыль	тыс. руб.	68,14	34,92	-33,22
Всего сметная стоимость без НДС	тыс. руб.	6781,76	6168,39	-613,37

Затраты труда	чел.-час	2089,20	1185,22	-903,98
Удельная трудоемкость – затраты труда на 1 тыс. руб. работ (без НДС)	чел.-ч	0,308	0,192	-0,116
Затраты машинного времени	маш.-ч	876,33	439,26	-437,07
Материалоемкость (без НДС)	коп.	93,3	96,8	+3,5
Материалоотдача (без НДС)	руб.	1,07	1,03	-0,04

Из полученных результатов (таблица 1) видно, что сметная стоимость замены ветхого канализационного трубопровода полиэтиленовыми трубами меньше на 723,77 тыс. руб., чем стальными. При этом экономия на материалах происходит в размере 358,54 тыс. руб., на эксплуатации машин – 134,78 тыс. руб., на фонде оплаты труда – 37,32 тыс. руб.

Что касается величины затрат труда на выполнение замены ветхого участка трубопровода, то при использовании полимерных труб она сокращается на 903,98 чел.-ч по сравнению с использованием стальных труб. Удельная трудоемкость произведенных работ сокращается на 0,116 чел.-ч.

Таким образом, эффективность внедрения новой полиэтиленовой продукции проявляется, в первую очередь, в снижении трудоемкости, затрат машинного времени и стоимости производимых работ, услуг. Материалоемкость работ при замене ветхого трубопровода полиэтиленовыми трубами незначительно увеличивается (на 3,5 коп.). Материалоотдача соответственно уменьшается (на 4 коп.).

Это, в основном, связано с искусственно завышенными ценами на новую полимерную продукцию в связи с возросшим в последнее время спросом на нее.

Если проанализировать данные показатели по всему городу Братску, то преимущество между полиэтиленовыми трубами и стальными существенно возрастет, т.к. протяженность тепловых сетей в городе Братске около 180 километров. Для сравнения и для формирования более объективной оценки эффективности применения полиэтиленовых трубопроводов следует привести некоторые факты из зарубежного опыта. В Европе за последние годы используется свыше 350 тыс. км полиэтиленовых труб и этот показатель ежегодно растет (Рис. 1). Их доля в системах внутренних трубопроводных сетей при новом строительстве составляет 20-40%. На сегодняшний день в Англии 99% вновь строящихся водопроводных трубопроводов составляют полиэтиленовые. Предполагается, что ежегодный рост использования полиэтиленовых труб составит – 6-8%.

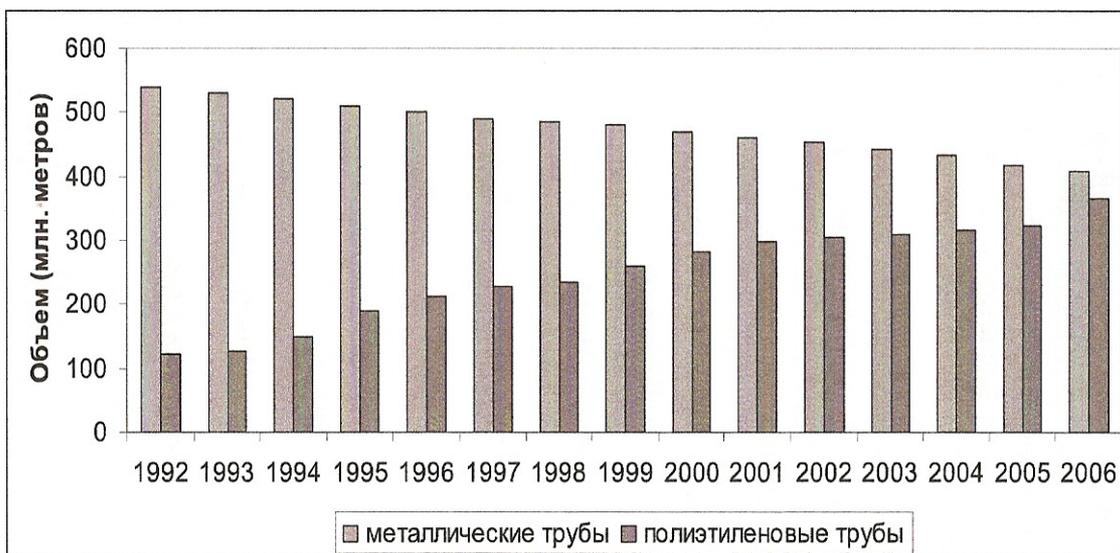


Рис. 1. Динамика потребления металлических и пластиковых труб для систем водоснабжения и водоотведения в Европе

Библиографический список

1. Герасимов П.А. Пластмассовые трубы в России и за рубежом. // Эксперт, 2004, №5, с.82-84, 86-87.
2. Маркин П.Л. Трубы чистой воды.// Экономика и время, 2004, №7, с.31.
3. Маркарьян Э.А., Герасименко Т.П. Экономический анализ хозяйственной деятельности: Учебник-Ростов н/Д.: Феникс, 2005 – 560 с.

А.В. Савостина

Научный руководитель - С.А. Семенов

Братский государственный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТЕПЛООВОГО ПУНКТА

Классическим для России вариантом решения проблемы горячего водоснабжения (ГВС) является схема, при которой тепловая энергия поступает из тепловых сетей (от ТЭЦ или крупных котельных). Первичный теплоноситель обладает при этом высокими параметрами: до значений, требуемых конкретными потребителями, они понижаются уже в центральном тепловом пункте (ЦТП). Теоретически это выгодно. Однако в наше время техническое состояние тепловых сетей зачастую оставляет желать лучшего, а фактические параметры теплоносителя, получаемого из централизованных источников, далеко не всегда соответствуют декларируемым. В ЦТП холодная вода из наружной водопроводной сети через ввод, водомерный узел и установку повышения давления подается в водонагреватель, куда поступает также теплоноситель из первичного контура [2]. Затем нагретая вода транспортируется по распределительной сети к непосредственным ее потребителям. Остывшая вода из системы ГВС вновь подается в водонагреватель для подогрева. Достоинство закрытой системы ГВС заключается в том, что горячая вода в ней имеет качество питьевой, а к недостаткам можно отнести возможные перебои в подаче горячей воды (20-30 сут./год.), связанные с профилактическими мероприятиями, проводимыми для ликвидации последствий коррозии и образования накипи в подогревателях и трубопроводах.

В настоящее время наблюдается переход от центральных к индивидуальным тепловым пунктам (ИТП). Их использование избавляет закрытую систему ГВС от названного выше недостатка. ИТП обычно комплектуются паяными или разборными пластинчатыми теплообменниками, циркуляционными и сетевыми насосами, приборами учета тепла и воды, системами центрального регулирования, контрольно-измерительными приборами, запорной арматурой и мембранными расширительными баками. Следует сказать, что пластинчатые теплообменники компактнее и эффективнее традиционно применяемых в ЦТП кожухотрубных

водонагревателей; они менее подвержены коррозии и образованию отложений; процесс их очистки в несколько раз скоротечнее. Замена 4-трубной подводки к зданию на 2-трубную позволяет снизить капитальные затраты на подключение объектов. Кроме того, перейдя к более высокому температурному режиму в сочетании с использованием современных теплоизоляционных материалов и одновременным уменьшением диаметра сетевого трубопровода, можно существенно сократить тепловые потери. Применение ИТП избавляет от необходимости строительства новых центральных тепловых пунктов.

В индивидуальных тепловых пунктах большинства зданий, как правило, установлены кожухотрубные теплообменники и гидравлические регуляторы прямого действия. В большинстве случаев, это оборудование выработало свой ресурс, а также функционирует в режимах не соответствующих расчетным. Последнее обстоятельство вызвано тем, что фактические тепловые нагрузки в настоящее время поддерживаются на уровне существенно ниже проектного. Регулирующая аппаратура при значительных отклонениях от расчетного режима своих функций не выполняет.

При реконструкции систем теплоснабжения, рекомендуется применять современное оборудование, отличающееся компактностью, предусматривающее работу в полностью автоматическом режиме и обеспечивающее экономию до 30% энергии, по сравнению с оборудованием, применявшимся в 60-70 гг. В современных автоматизированных тепловых пунктах обычно используется независимая схема подключения систем отопления и горячего водоснабжения, выполненная на базе пластинчатых теплообменников. Для управления тепловыми процессами используются электронные регуляторы и специализированные контроллеры.

Автоматизированное управление режимами работы теплового пункта обеспечивает автоматический выбор оптимального режима теплообеспечения по желанию заказчика (например, регулирование потребления тепла при изменении температуры наружного воздуха, снижение температуры помещения в нерабочие дни и ночные часы, форсированный разогрев системы при переходе к рабочему режиму теплоснабжения). Система регулирования работает в одном из следующих режимов:

- режим погодной компенсации, т.е. регулирование температуры воды в подающем трубопроводе в зависимости от температуры наружного воздуха;
- режим комнатной компенсации, т.е. регулирование температуры сетевой воды для поддержания стабильной температуры в помещении, где установлен датчик;

Регулировка производится со следующими ограничениями:

- защита системы теплоснабжения от замораживания;
- минимальное и максимальное ограничение температуры воды на подаче;
- возможность фиксированного или пропорционального ограничения температуры воды в обратном трубопроводе в зависимости от температуры наружного воздуха.

АТП могут использоваться в индивидуальных тепловых пунктах (ИТП), центральных тепловых пунктах (ЦТП), локальных автоматизированных котельных или в индивидуальных котельных частных зданий.

АТП позволяет обеспечивать:

- автоматическое поддержание графика температуры теплоносителя, подаваемого в систему отопления (вентиляции, кондиционирования) с учетом температуры наружного воздуха, времени суток и рабочего календаря, тепловой инерции стен здания вне зависимости от располагаемого напора (вплоть до нуля) тепловой сети;
- автоматический и ручной режимы управления входящими агрегатами и устройствами;
- автоматическое поддержание температуры горячего водоснабжения в соответствии с санитарными нормами;
- контроль расхода теплоносителя из ТС и ограничение его в соответствии с договором на теплоснабжение;
- автоматическое ограничение температуры воды, возвращаемой в теплосеть;

- автоматическое нормированное снижение нагрузки на отопление в часы максимальной нагрузки на ГВС с последующей компенсацией этого снижения;
- автоматическое управление подмешивающими и циркуляционными насосами;
- защиту от заиливания в летний период и защиту от «сухого хода» насосов;
- автоматический контроль и индикацию возникающих нештатных ситуаций;
- при аварийном отключении электропитания в зависимости от требований энерго-снабжающей организации работу, как по прямым параметрам тепловой сети, так и отключе- ние системы отопления от подающего трубопровода ТС.

Использование АТП позволяет:

- оптимизировать теплотребление с учетом различных алгоритмов регулирования для производственных, административных, общественных зданий и объектов коммунального жилья или частного жилого дома, дает дополнительную экономию тепловых ресурсов от 7 до 14 %;
- обеспечивать дистанционный контроль и управление режимами теплотребления объекта;
- применять качественный метод регулирования подачи теплоносителя в системы теп- лопотребления для обеспечения постоянства расхода циркулирующего теплоносителя, что позволяет сохранять равные условия теплоснабжения для всех помещений обслуживаемого объекта;
- обеспечивать дистанционный контроль и управление режимами теплотребления объекта;
- обеспечить наибольшую экономию теплоносителя и тепловой энергии в осенний и ве- сенний периоды теплоснабжения, а также во время резких оттепелей за счет плавного и гиб- кого регулирования в соответствии с температурным графиком;
- максимально поддерживать или сохранять работоспособность теплосистемы объекта при критических или аварийных режимах работы теплоснабжающей сети.

АТП может использоваться для различных схем присоединения системы отопления (вентиляции, кондиционирования) и разных систем теплоснабжения (ГВС с непосредствен- ным водоразбором из ТС или закрытая система через теплообменник).

В Братском государственном университете на кафедре ПТЭ приобретена учебно- лабораторная установка автоматизированного теплового пункта «Взлет АТП» [1], состоящая из модуля с независимым присоединением системы отопления к тепловой сети с одним пла- стинчатым теплообменным аппаратом и сдвоенным циркуляционным насосом и модуля ГВС для закрытой системы теплоснабжения с одноступенчатым нагревом холодной водопровод- ной воды в одном пластинчатом теплообменном аппарате (см. рис.1).

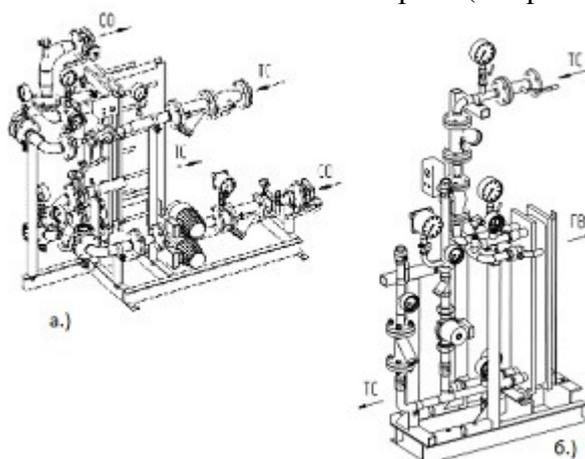


Рис. 1. а) Модуль с независимым присоединением системы отопления к тепловой сети;
б) Модуль ГВС для закрытой системы теплоснабжения

Регулирование температуры теплоносителя в системе отопления (СО), в зависимости от температуры наружного воздуха, происходит при помощи двухходового регулирующего клапана с электроприводом, путем изменения расхода в первичном контуре теплообменника.

При изменении температуры наружного воздуха с регулятора отопления поступает сигнал на сервопривод двухходового клапана, который увеличивает или уменьшает расход сетевой воды через пластинчатый теплообменник, что приводит к изменению температуры нагрева теплоносителя из обратного трубопровода СО.

Для защиты теплообменника СО от взвешенных частиц, находящихся в воде, установлены сетчатые фильтры с магнитными вставками.

На подающем трубопроводе установлен двухходовой клапан с электроприводом с функцией безопасности и, дополнительно, на подающем трубопроводе СО устанавливается накладной электроконтактный термостат, отключающий напряжение в случае превышения температуры теплоносителя поступающего в СО. Электропривод автоматически закрывает с помощью пружины проходное сечение клапана, для предотвращения перегрева СО здания. То же самое происходит при аварийном отключении электропитания.

Циркуляцию воды в СО осуществляет трехскоростной малошумящий насос сдвоенного типа с мокрым ротором, вращающимся в перекачиваемой среде. Производительность каждого из двигателей, объединенных в одном корпусе сдвоенного насоса на максимальной скорости равна расчётной производительности (по теплоносителю) СО. В штатном (рабочем) режиме оба двигателя насоса работают одновременно с 50% резервированием в щадящем, наименее шумном режиме на второй или первой скорости. Для защиты циркуляционного насоса СО от сухого хода установлен сигнализирующий манометр. В напорном патрубке сдвоенного насоса предусмотрен автоматический обратный клапан во избежание возврата воды во время отключения. Автоматический обратный клапан является перекидным, что обеспечивает возможность работы как обоих двигателей сдвоенного насоса одновременно, так и каждого двигателя отдельно, например, при выходе из строя одного из них. В качестве контрольно-измерительных приборов применены показывающие манометры и термометры.

Модуль ГВС для закрытой системы теплоснабжения с одноступенчатым нагревом холодной водопроводной воды в одном пластинчатом теплообменном аппарате предназначен для закрытой системы теплоснабжения с нагревом холодной водопроводной воды в пластинчатом теплообменном аппарате. Поддержание температуры горячей воды в системе ГВС в пределах санитарных норм происходит при помощи двухходового клапана регулирующего с электроприводом. При изменении температуры теплоносителя в системе ГВС ниже или выше установленного интервала с регулятора отопления поступает сигнал на сервопривод двухходового клапана, который увеличивает или уменьшает расход сетевой воды через пластинчатые теплообменные аппараты, что приводит к изменению температуры нагрева холодной воды из городского водопровода до значения, установленного санитарными нормами.

На подающем трубопроводе ТС установлен двухходовой клапан с электроприводом с функцией безопасности, дополнительно, на подающем трубопроводе системы ГВС установлен накладной электроконтактный термостат, отключающий напряжение в случае превышения температуры теплоносителя поступающего в СО. Электропривод автоматически закрывает с помощью пружины проходное сечение клапана, для предотвращения перегрева теплоносителя, поступающего в систему ГВС здания. То же самое происходит при аварийном отключении электропитания.

Для защиты теплообменников от взвешенных частиц, находящихся в воде, установлены сетчатые фильтры с магнитными вставками.

Циркуляцию воды в системе ГВС осуществляет бронзовый насос с мокрым ротором, вращающимся в перекачиваемой среде. Асинхронный двигатель насоса снабжен встроенным реле аварийного отключения и не требует дополнительной защиты от перегрузок. В штатном (рабочем) режиме насос работает постоянно, независимо от водоразбора, для уменьшения

отложений накипи в пластинчатом теплообменном аппарате и для увеличения его срока эксплуатации.

Таким образом, на примере учебно-лабораторной установки автоматизированный тепловой пункт «Взлет АТП» можно будет убедиться в преимуществе таких систем перед классическими тепловыми пунктами [3]. Применение подобных систем – это путь к надежному, экономичному, полностью автоматизированному обеспечению теплом и горячей водой административных и общественных зданий, производственных помещений и зданий жилого фонда. Автоматизация регулирования расхода тепла у потребителей - на центральных и индивидуальных тепловых пунктах позволяет сэкономить 25-35% тепловой энергии за год, а в весенне-осенний период сократить энергопотребление на 50-60% при одновременном повышении качества теплоснабжения.

Библиографический список

1. Альбом схем Автоматизированный тепловой пункт «Влет АТП», 2010г. издание 1.1
2. Водяные тепловые сети: Справочное пособие по проектированию/И. В. Беляйкина, В. П. Витальев, Н. К. Громов и др.:Под ред. Н. К. Громова, Е. П. Шубина. - М.: Энергоатомиздат, 2007г.- 376с.
3. Официальный сайт Взлет ООО Инженерно технический центр Промавтоматика E-mail: <http://www.vzjot.ru>

В.А. Первалов
Научный руководитель - С.А. Семенов

Братский государственный университет

АНАЛИЗ СХЕМ УТИЛИЗАЦИИ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ ТОРГОВОГО КОМПЛЕКСА «БАЙКАЛ»

В России удорожание первичных энергоресурсов за последние годы привело к необходимости внедрения энергосберегающих технологий, как в промышленном, так и в бытовом секторе.

В этой ситуации необходимо решать важнейшую задачу по экономии и рациональному использованию ТЭР. Кроме альтернативных и возобновляемых источников, эффективным энергосберегающим мероприятием является разработка и внедрение теплонасосных и комбинированных установок в системах тепло- и теплохладоснабжения объектов промышленного и гражданского строительства.

Объектом для изучения был выбран Торговый комплекс «Байкал», который находится в центральном районе города Братска, по улице Янгеля, д.120. В результате анализа выявлен наиболее перспективный источник вторичных энергоресурсов - вентиляционный воздух, удаляемый в атмосферу в объеме 18700 м³/ч с температурой порядка 30 °С приточно-вытяжной вентиляцией с механическим побуждением.

Для утилизации теплоты сбросного воздуха было рассмотрено два варианта. В первом варианте утилизируемая теплота используется для нагрева воды с применением а) теплового насоса и б) рекуперативного теплообменника.

В результате расчетов определено, что при помощи рекуперативного теплообменника есть возможность нагреть 2,25 т/ч воды до 25 °С. Но использование теплоносителя с такими параметрами весьма затруднительно. Тепловой насос позволит нагреть 4 т/ч воды до 60 °С. Такое количество теплоносителя можно использовать для покрытия нагрузки горячего водоснабжения торгового комплекса.

Второй вариант – это использование теплоты удаляемого воздуха для нагрева приточного. Анализировались схемы с использованием теплового насоса и регенеративного теплообменника с вращающейся насадкой.

Расчеты показали, что при использовании регенеративного аппарата можно подогреть приточный воздух до 20 °С. В результате снижается нагрузка на калориферы в течение всего сезона их использования. Теплонасосная установка способна полностью покрывать нагрузку вентиляции при температуре наружного воздуха до -18 °С, при более низких температурах

требуется догрев приточного воздуха в калорифере. Техничко-экономическое сопоставление показало, что схема с регенеративным теплообменником более перспективна для нагрева приточного воздуха.

Библиографический список

1. Семёнов, С.А., Литецкая, Е.В. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях. Основы теории и проектирования контактных теплоутилизаторов: Учебно-методическое пособие / С.А.Семёнов, Е.В.Литецкая. – 2-е изд., исправл. и перераб. – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2006. – 62 с.
2. Роддатис, К.Ф., Полгарецкий, А.Н. Справочник по котельным установкам малой производительности / Под ред. К.Ф.Роддатиса. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 488 с.: ил.
3. Романова, О.Б. Проект реконструкции системы вентиляции и кондиционирования Торгового комплекса «Байкал», Братск 2010.

Д.С. Сироткина
Научный руководитель - В.К. Елсуков

Братский государственный университет

УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛА С ПРОМЕЖУТОЧНЫМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ

Существует котельная твердого топлива предприятия ОАО «АэроБратск». Задача данной котельной – теплоснабжение и горячее водоснабжение.

Котельной твердого топлива состоит из шести отопительных водогрейных котлов «Братск-М» с механической топкой» для сжигания твердого топлива. Номинальная теплопроизводительность котла «Братск-М» 1,33 МВт. Котел состоит из следующих основных частей:

1. топки механической;
2. пакетов чугунных секций левого и правого;
3. стальных секций;
4. камеры;
5. соединительных коллектора, отводов, трубопроводов и колен;
6. каркаса, кожуха, дверок и панелей;
7. бетонного основания.

Пакеты состоят из чугунных секций, соединенных между собой ниппелями, через которые проходят стяжные болты.

В верхних и нижних ниппельных отверстиях секций расположены шайбы для организации последовательного движения воды внутри пакетов секций.

Пакеты чугунных секций установлены на кирпичных стенках, между которыми размещена механическая топка. Топочное пространство ограничено с баков пакетами чугунных секций, спереди, сверху и сзади закрыто стальными секциями. Стальные секции выполнены прокатно-сварными и прикреплены к пакетам чугунных секций посредством болтов и гаек.

Топливо подается из бункера и сжигается на охлаждаемой трубной колосниковой решетке механической топки. Образовавшиеся продукты сгорания поднимаются вверх и, благодаря наличию разрежения за котлом, движутся к фронту котла, где входят в нижние газоходы пакетов через камеру. Повернув на 180 °, продукты сгорания проходят по нижним газоходам пакетов и попадают в поворотные камеры, закрепленные на задних секциях пакетов. Газы попадают в верхние газоходы пакетов. По верхним газоходам газы движутся к фронту и через патрубки газоходов покидают конвективные поверхности нагрева.

Дутьевой воздух, подаваемый вентилятором, регулируется при помощи заслонок, расположенных на механической топке и входном патрубке вентилятора.

Питание котла водой осуществляется через подводящую трубу, из которой вода поступает в камеру, а из нее по трубопроводам в механическую топку. Из топки вода поступает в пакеты чугунных секций и параллельно в стальные секции свода. В пакетах чугунных секций вода движется последовательно по секциям. Нагретая в чугунных и стальных секциях вода объединяется коллектором и поступает в отопительную систему.

В качестве топлива используется бурый уголь Азейского разреза класса Р.

Существуют различные технологии утилизации тепла дымовых газов. Так как на котельной твердого топлива ОАО «АэроБратск» отсутствует подогреватель воздуха на входе в котел, мы выбираем метод утилизации тепла с промежуточным теплоносителем. Для этого нам нужно установить калориферы перед котлами, таким образом, мы будем использовать тепло уходящих газов для подогрева дутьевого воздуха

По измеренным мною дымным температура уходящих газов составляет 150 °С, температура дутьевого воздуха перед котлом составляет 20-22 °С, значит мы сможем повысить температуру дутьевого воздуха примерно на 60 °С, в зависимости от того на сколько удастся охладить температуру уходящих газов.

Уходящие газы отводятся через дымосос Д-12, 32000 м³/час (16196 кг/час). Характеристика отводимых газов, замеренные и взятые из паспорта дымовой трубы:

1. температура отводимых газов (минимальная, максимальная), поступающих в трубу (выше газохода), 130 °С, 150 °С;
2. объем отводимых газов V, 3230 м³/час /19500 м³/час (при работе одного котла, при работе шести котлов);
3. содержание серы 0,05 %;
4. зольность 0,002 т/сут;
5. коэффициент избытка воздуха -1,05;
6. температура точки росы 48 °С.

Чтобы подобрать калориферы для нагрева 19500 м³/час приточного воздуха от расчетной наружной температуры t_н=+20 °С до температуры t_{пр}=60 °С пользуемся методом расчета, приведенным в литературе [4].

Тепловой эквивалент по воздуху: $W_B = 1 * 10^3 * 4.5 = 4.5 * 10^3$

Требуемое количество теплоты:

$$Q = W_B * \Delta t_B = 4,5 * 10^3 * (60 - 20) = 180000 \text{ Вт}$$
$$G_w = Q / C_w * (t_{w1} - t_{w2}) = Q$$
$$(t_{w1} - t_{w2}) = Q / C_w * W_B = 180000 / 1,005 * 10^3 * 4,5 = 39,8 \text{ °С}$$
$$t_{w1} = 150 \text{ °С}$$
$$t_{w2} = t_{w1} - 39,8 = 110,2 \text{ °С}$$

Задаваясь массовой скоростью воздуха, примем (ρv) = 5 кг/м²с, в первом приближении найдем площадь фронтального сечения калориферов:

$$G_{пр} = W_B * 10^{-3} = 4,5$$
$$f_{ф} = G_{пр} / (\rho v) = 0,9 \text{ м}^2$$

Исходя из данных расчетов, мы выбираем калорифер КСк3-9-02АХЛЗ из таблицы теплотехнической характеристики калориферов со спирально-навивным оребрением. Площадь теплообмена данного калорифера 22,5 м². Мы будем устанавливать 2 калорифера.

Такая технология подогрева воздуха выгодна с экономической точки зрения, для повышения температуры подогреваемой воды, особенно в холодный период года не понадобится затрачивать большее количество топлива.

Библиографический список

1. Елсуков В.К. Оценка возможностей утилизации тепла уходящих газов на примере сжигания канско-ачинских углей. – Промышленная энергетика, 2007, № 11.
2. Руководство по эксплуатации котла «Братск-М» с механической топкой Кт 264М.00.00.000 РЭ 2004 год. №12.С.24-28.
3. Статьи Елсукова В.К. и Елсукова К.В. «Технологии энергосбережения в воздухоподогревателях котлов». – Промышленная энергетика, 2010 год.
4. Вентиляция: учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений / [В.И. Полушкин, С.М. Анисимов, В.Ф. Васильев, В.В. Дерюгин]. -издательский центр «Академия», 2008 год.

ПЕНОПОЛЕУРЕТАН КАК НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНЫЙ ИСТОЧНИК ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ

В настоящее время в ЖКХ и промышленности существует проблема повышенного расхода теплоэнергии, электроэнергии на отопление, кондиционирование жилых и производственных помещений. Большие потери теплоэнергии в магистралях при доставке потребителям, в результате чего потребители оплачивают не только за предоставленное тепло, но и за потери. Переплата за предоставленную услугу доходит в некоторых случаях до 60%, а в среднем 45%-50%.

Цель статьи состоит в том, чтобы выявить целесообразность применения пенополиуретана в жилищном, промышленном строительстве и тепловых сетях как новые технологии энергосбережения.

Из четырех "гигантов" современной крупнотоннажной индустрии пластических масс - полиэтилена, поливинилхлорида, полистирола и полиуретана - последний является, безусловно, наиболее универсальным материалом. В самом деле, на основе полиуретанов изготавливают эластичные, полужесткие и жесткие материалы; полиуретаны перерабатывают практически всеми существующими технологическими методами - экструзией, прессованием, литьем, заливкой, напылением и т.д.; на основе полиуретанов получают абсолютно все известные типы материалов и изделий: наполненные, армированные, вспененные, ламинированные и другие в виде плит, листов, блоков, профилей, волокон, пленок и т. д. Наконец, изделия и конструкции на основе полиуретанов используют во всех без исключения отраслях промышленности.

Жесткий ППУ широко используется во всех областях строительной индустрии. Среди основных сфер применения ППУ в строительстве следует выделить изоляцию холодильных камер, утепление жилых зданий, теплоизоляцию промышленных и административных зданий, теплоизоляцию трубопроводов.

Пенополиуретаны - легкие и прочные материалы, обладающие своеобразной структурой, подобной застывшей пене.

Пенополиуретан применяется:

1. Теплоэлектростанции. Теплогидроизоляция надземных и подземных теплотрасс; Теплогидроизоляция теплообменников.
2. Нефтяная промышленность. Теплогидроизоляция нефтепроводов, стационарных резервуаров и трубопроводов, передвижных резервуаров с нефтепродуктами.
3. Строительство. Теплоизоляция несущих конструкций жилых, административных и промышленных зданий; Теплогидроизоляция кровель жилых, промышленных и административных зданий (снаружи), подвальных помещений (внутри).
4. Холодильная техника. Теплогидроизоляция промышленных и бытовых холодильников; Теплогидроизоляция емкостей для перевозки криогенных жидкостей, контейнеров для перевозки замороженных продуктов.
5. Судостроение, судоремонт. Теплогидроизоляция корпусов судов, переборок служебных и бытовых помещений.

Таблица 1

Сравнение пенополиуретана с традиционными теплоизоляторами

Теплоизолятор	Средняя плотность (кг/м.куб)	Коэфф. Теплопроводности (Вт/м хК)	Пористость	Срок эксплуатации (лет)	Диапазон рабочих температур
ППУ жесткий	40-160	0,019 - 0,028	Закрытая	30	-180.. +160
Минеральная вата	55-150	0,04 - 0,058	Открытая	5	-40.. +120
Пробковая плита	220-240	0,040 - 0,060	Закрытая	3	-30.. + 90
Пенобетон	250-400	0,145 - 0,160	Открытая	10	-30.. +120

Краткие характеристики ППУ, которые приведены в вышеуказанных таблицах, бесспорно ставят его на первое место среди традиционных теплоизоляторов. Экономическая эффективность теплоизоляции пенополиуретаном обусловлена снижением стоимости прокладки по сравнению с традиционными методами на 20-30%.

Таблица 2

Сравнительный анализ технико-экономической эффективности при использовании ППУ- изделий и традиционной мин.ваты

	ППУ	МИН. ВАТА
Коэффициент теплопроводности	0,019 - 0,028	0,04 - 0,07
Толщина покрытия	35 - 70 мм	120 - 220 мм
Объемность перевозок на 100куб.м. а) площадь склада на 100 куб.м.	Учитывая коэффициент регенерации » 25 100:20 = 5 куб.м 5 куб. м.	Учитывая коэффициент потерь 1,1 100 x 1,1 = 110 куб. м. 110 куб. м
Эффективный срок службы	25-30 лет	5 лет
Производство работ	Круглосуточно	Теплое время года, сухая погода
Влага, агрессивные среды	Устойчив	Теплоизоляционные свойства теряются, восстановлению не подлежат
Экологическая чистота	Безопасен Разрешено применение в жилых зданиях Минздравом РСФСР №07/6-561 от 26.12.86	Аллерген
Рабочая температура	-180° С - +180° С	350° С
Производительность бригада – 3 человека	100 - 500 кв. м в смену	20 - 50 кв. м в смену
Фактические тепловые потери	в 1,7 раза ниже нормативных СНиП 2.04.14-88 Энергосбережение, №1, 1999 г.	Превышение нормативных после 12 месяцев эксплуатации
Технологические преимущества	переход на бесканальную прокладку СНиП 2.04.07-86 (тепловые сети); СНИП 2.04.17-88 (тепловая изоляция оборудования и трубопроводов); ТУ РБ 00012262-181-94 “Изделия из пенополиуретанов”; СНИП 11-3-79 (Строительная теплотехника); ТУ 3497-44406476-001-99	Нет
Для обеспечения ровного термического сопротивления равного 3,0 мС/Вт, толщина утеплителя составит	70,0 мм	210мм

Таблица 3

Характеристики основных теплоизоляционных материалов.
Коэффициент теплопроводности применяемых теплоизоляционных материалов

Вид теплоизоляции	ППУ	пенобетон	минвата	пенополистирол
к-т теплопроводности ($\lambda = 0,022$ Вт/м ⁰ С)	0,02–0,025	0,056–0,098*	0,04–0,054*	0,03–0,037

* - влагопоглощающие материалы, в которых λ заметно возрастает с увеличением их влажности и ухудшаются теплоизолирующие свойства.

Таблица 4

Зависимость коэффициента теплового сопротивления ($1/\lambda$) и коэффициента теплопередачи (K^*) от толщины изоляционного материала и его теплопроводности

Толщина слоя	ППУ		ППУ		Пенополистирол		Минвата	
	$\lambda = 0,02$ Вт/м ⁰ С		$\lambda = 0,025$ Вт/м ⁰ С		$\lambda = 0,03$ Вт/м ⁰ С		$\lambda = 0,045$ Вт/м ⁰ С	
мм	1/1	K	1/1	K	1/1	K	1/1	K
10	0,50	1,49	0,40	1,754	0,33	1,988	0,222	2,551
25	1,25	0,704	1,00	0,855	0,833	0,997	0,555	1,379
40	2,00	0,461	1,60	0,565	1,333	0,665	0,888	0,945
50	2,50	0,375	2,00	0,461	1,666	0,545	1,111	0,781
60	3,00	0,315	2,40	0,389	2,000	0,461	1,333	0,665
75	3,75	0,255	3,00	0,315	2,500	0,375	1,666	0,545
90	4,50	0,214	3,60	0,265	3,000	0,315	2,000	0,461
100	5,00	0,193	4,00	0,240	3,333	0,285	2,222	0,418

* - коэффициент теплопередачи – Вт/м²•С

Приведенный теплотехнический расчет показывает (выделенные построчно показатели), что по своим характеристикам ППУ 40 мм толщины соответствует 90 мм толщины минераловатной теплоизоляции (соответственно, 60 мм пенополистирола). Таким образом, последние изменения в СНиП II-3-79 (Строительная теплотехника), введенные в действие с 1 марта 1998 г., делают ППУ наиболее привлекательным и экономичным строительным материалом, как при возведении многослойных ограждающих конструкций зданий и других сооружений, так и их реконструкции.

Одной из приоритетных задач в строительстве является защита конструкций зданий и сооружений от воздействий окружающей среды, то есть устройство гидро-теплоизоляции.

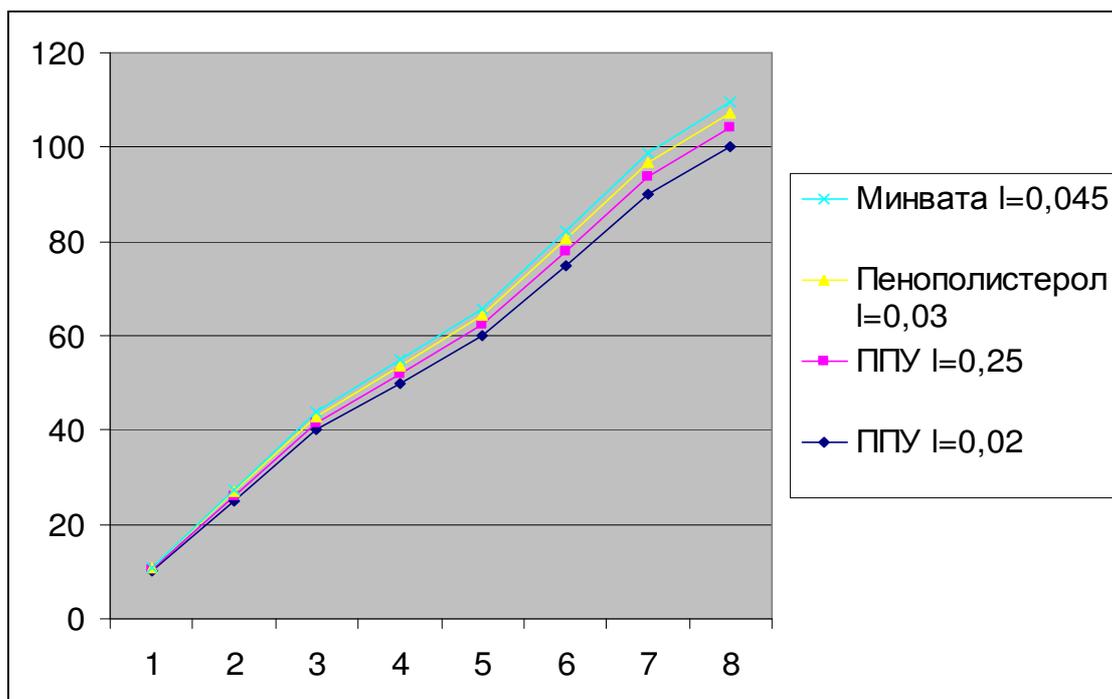


Рис. 1. Зависимость коэффициента теплового сопротивления от толщины изоляционного материала и его теплопроводности

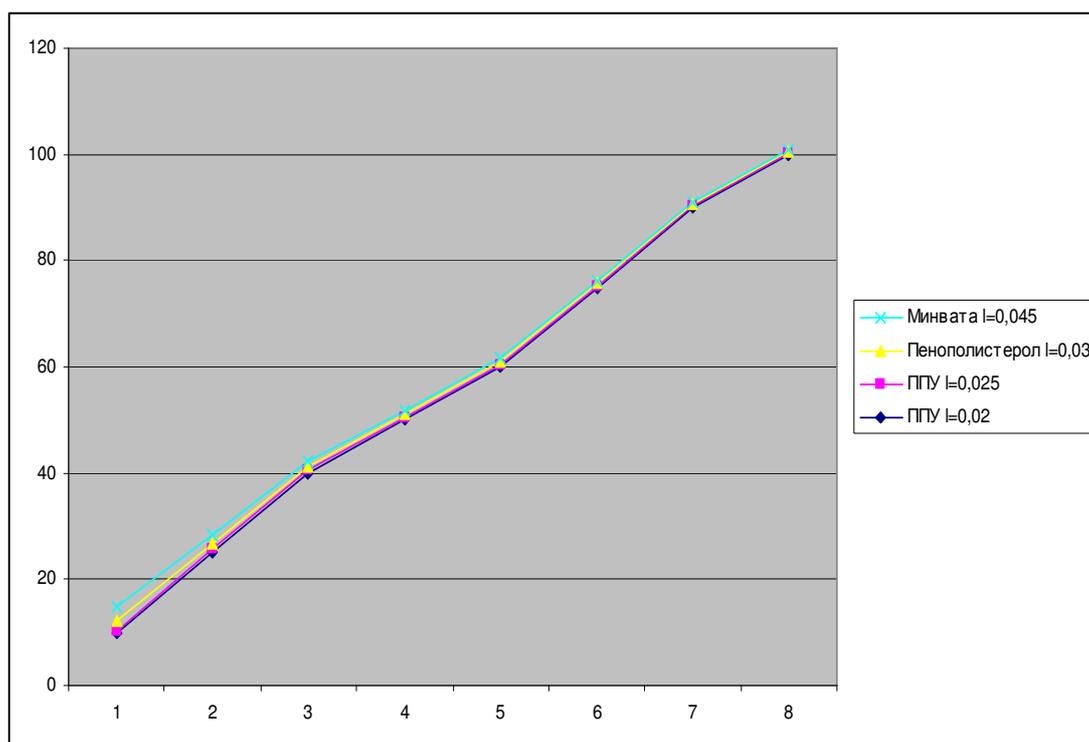


Рис. 2. Зависимость коэффициента теплопередачи от толщины изоляционного материала и его теплопроводности

В.Н. Шулятьев

Братский государственный университет

ОПТИМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ РАБОТЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Холодильная промышленность – это быстрорастущая отрасль, которая оказывает огромное влияние на экономику, энергетику, экологию и социальную сферу. Холодильная тех-

ника потребляет около 20% от общей генерируемой в стране электрической энергии. В условиях повышения стоимости энергоносителей, обострения экологических проблем выбору правильной стратегий развития техники и технологии низких температур, необходимо уделять пристальное внимание.

Холодильные установки на сегодняшний день являются исключительной возможностью для энергосбережения в промышленности, поскольку в прошлом промышленность пренебрегала ими.

Принцип работы холодильных установок.

Тепло отводится от охлаждаемого пространства при помощи хладагента в испарителе и выбрасывается в атмосферу через расположенный снаружи конденсатор.

Чем ниже требуется получить температуру внутри холодильника, тем больше расходуется энергии. Кроме того, чем выше температура охлаждения используется в конденсаторе для вытеснения тепла, тем больше потребляется энергии. В среднем при повышении температуры в испарителе на 1 °C сберегается 3% энергии. Это означает, что испарение при –30 °C вместо испарения при –39 °C позволяет сберечь 27% энергозатрат.

За счет установления максимально возможной температуры испарения и минимально возможной температуры конденсации можно достичь значительного сбережения энергии.

Основные возможности для достижения энергосбережения.

Возможности улучшения на уровне схемы процесса.

Проанализируйте расход холода/нагрузку охлаждения. Определите величину охлаждения, получаемую на различных уровнях температуры. Сравните величину мгновенных значений охлаждения в кВт при разных уровнях температуры с годовыми значениями охлаждения при этих уровнях температуры. Это поможет определить оптимальный дизайн холодильной установки и оптимизировать эксплуатацию существующих установок.

Убедитесь, что приток теплоты в холодильную камеру незначителен. Помните, что солнечные лучи приносят большое количество энергии, и потому подвергающиеся его воздействию поверхности должны быть окрашены отражательной краской или укрыты соответствующими материалами.

Необходимо понижать интенсивность инфильтрации посредством установки быстро-закрывающихся дверей и свободно свешивающихся резиновых полосок на тех дверях, которые приходится открывать часто. Такие меры позволяют в два раза сократить расход холода в морозилках, а срок окупаемости для этих мероприятий не превышает полгода.

Используйте промышленные градирни и испарительные холодильные системы для кондиционирования воздуха, при этом расходуется меньше энергии, чем при использовании обычных холодильных установок.

К источникам бесплатного холода относится: охлаждение на открытом воздухе, охлаждение при испарении, сухое охлаждение и источники воды.

Уменьшите нагрузки насосов и вентиляторов. Вентиляторы испарителя могут быть отключены при открытии дверей морозильных установок, а при циркуляции воздуха могут использоваться меньшие вентиляторы. Для вентиляторов испарителя можно успешно применять приводы с регулируемой скоростью, но в таких случаях необходимо тщательно проверять их соответствие двигателям и суммарное значение уровня гармоник установки. За нагрузки Вам приходится платить дважды. Сначала при оплате счетов за электроэнергию, использованную насосами и вентиляторами и затем за электроэнергию для удаления выработанного ими тепла.

Для освещения следует использовать высокоэффективные осветительные приборы типа SON с эффективной системой управления.

Не забывайте контролировать различные другие виды нагрузки, такие как нагрев пола, антиобледенитель и т.п.

Обеспечивайте достаточную циркуляцию воздуха вокруг продукции в холодильных установках. Используйте специально предназначенные для этого поддоны.

Не следует хранить продукты с разными требованиями по температуре хранения в одном хранилище.

Повышайте уровни температуры внутри холодильной установки, с тем, чтобы температура испарителя также могла быть повышена. Помните, повышение на каждый градус приводит к сбережению около 3% энергии, и, соответственно финансовых средств.

При возможности используйте теплоаккумулирующие системы, такие как ледяные аккумуляторы холода.

В тех процессах, где теплота получается в результате определенной реакции, для отображения уровней реакции тепловыделения используйте компьютерное моделирование. Это даст возможность оптимизировать использование охлаждения.

Возможности для энергосбережения на уровне оптимальных параметров холодильной системы.

Затраты на производство – для определенных уровней температуры некоторые хладагенты обеспечивают работу эффективнее других хладагентов.

Емкость - некоторые хладагенты удерживают больше тепла на единицу массы, что позволяет делать компрессоры и системы меньшими по размеру и более эффективными.

Давление – следует оптимизировать хладагенты по уровням температуры/давления, при которых они используются.

Перегревы – перегрев зачастую является причиной потери эффективности, а иногда представляет угрозу для компрессора.

Температуры нагнетания – высокие температуры нагнетания приводят к понижению эффективности компрессора.

Теплообмен – чем лучше смачивающая способность хладагента, тем лучше будет коэффициент теплопередачи, и суммарная эффективность системы.

Возможности сбережения за счет дизайна компонентов.

Компрессоры:

- Следует обеспечивать загрузку наиболее эффективных компрессоров
- Рассмотрите эффективность компрессоров при частичной нагрузке
- Следует обеспечивать управление компрессорами, предусматривающее оптимальную последовательность их подключения. Параметры эффективности узла складываются из эффективности цикла, эффективности системы, изоэнтропического КПД, объемного КПД, механического КПД.

Рассмотрение особенностей испарителя.

Испаритель может быть погруженного типа или непосредственного расширения, нагнетательной циркуляции, с оребренными трубами и компактного исполнения. Крупные испарители понижают эксплуатационные расходы, но их стоимость высока.

Размер оребрения должен учитывать небольшой перепад давления при нарастании инея/льда.

Конструкция испарителя должна учитывать потребность удаления масел, очистки, удаления намерзаний льда.

Рассмотрение особенностей конденсатора.

Размер общей площади поверхности определяет эффективность.

В конденсаторе должна быть предусмотрена возможность удаления воздуха, чтобы поддерживать давление низким.

Большое значение имеет очистка конденсатора.

Эффективность системы повышается благодаря системам химической очистки.

Все выше перечисленные мероприятия позволяют привести к энергосбережению в холодильной промышленности.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ КРЫТОЙ ЛЕДОВОЙ АРЕНЫ

В настоящее время энергосбережение - одна из приоритетных и важнейших стратегических задач страны, поставленная президентом, которая заключается в снижении энергоемкости отечественной экономики на 40% к 2020 году. Для ее реализации необходимо создание совершенной системы управления энергоэффективностью и энергосбережением.

23 ноября 2009 года был подписан Федеральный закон Российской Федерации № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Его целью является создание правовых, экономических и организационных основ стимулирования энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Повышение энергоэффективности сооружений – большая макроэкономическая задача. Особенно актуально решение задачи по энергоэффективности для зданий и сооружений спортивного назначения, т.к. возведение и эксплуатация таких объектов осуществляется за счет средств бюджетов различных уровней. Так около 70% - это федеральный бюджет, остальные 30% - региональные и муниципальные бюджеты.

Добиться экономии энергии можно за счет применения инновационных решений, которые осуществимы технически, обоснованы экономически, приемлемы с экологической и социальной точек зрения, не изменяют привычного образа жизни.

Так при проектировании Крытой ледовой арены в г. Черногорск, РХ нами был предусмотрен комплекс мер по повышению энергоэффективности здания.

Проектирование и эксплуатация катка абсолютно специфичны и по многим параметрам отличаются от обычных зданий. Температурные условия варьируются от -5°C у поверхности льда до $+10^{\circ}\text{C}$ на трибунах и $+20^{\circ}\text{C}$ в местах общественного пользования, таких как раздевалки и офисы. Высокая влажность воздуха внутри помещений может привести к коррозии стальных конструкций, гниению деревянных объектов и проблемам с качеством воздуха. Очевидно, что существуют особые требования по организации службы технической поддержки для контроля микроклимата и использования электроэнергии в помещении катка.

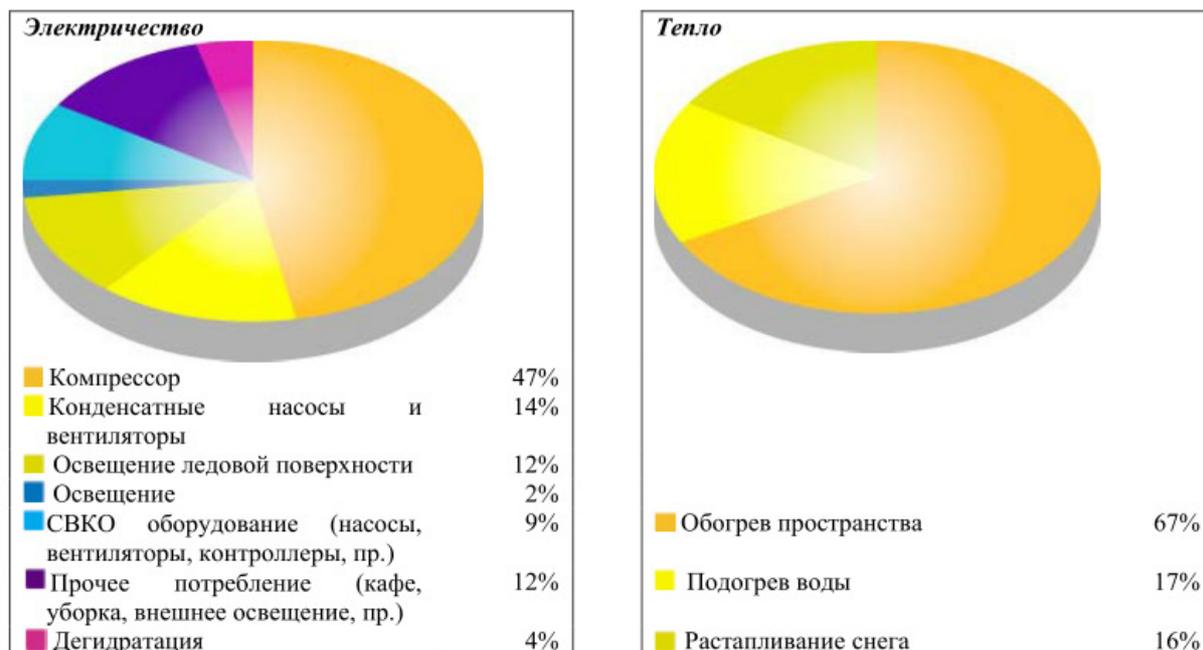


Рис. 1. Основные компоненты потребления электричества и тепла стандартного тренировочного катка

Конструкция, технологические установки и эксплуатационные показатели определяют потребление энергии на катке. Характеристиками конструкции являются свойства тепло- и влагообмена крыши и стен, а также степень инфильтрации воздуха через трещины и отверстия в оболочке здания. Структура пола также важна с точки зрения энергии. Технологические характеристики включают в себя охлаждение воздуха, вентиляцию, дегидратацию, отопление, освещение и системы технического обслуживания льда.

С точки зрения архитектурно-планировочного решения была оптимизирована форма здания в плане и ориентации его по сторонам света.

В освещении здания было предусмотрено максимальное использование дневного света при помощи увеличения площади окон; повышение отражающей способности; оптимальное размещение световых источников; использование энергосберегающих ламп; применение устройств управления освещением (датчики движения и акустические датчики, датчики освещенности, таймеры, системы дистанционного управления); внедрение автоматизированной системы диспетчерского управления наружным освещением (АСДУ НО).

Освещение традиционно группировалось в соответствии с принципами использования ламп накаливания и импульсной иллюминации. Лампы накаливания характеризуются высокой потребностью в электричестве в отличие от иллюминации, коротким сроком службы, хорошей цветопередачей и контролируемостью. Превосходство люминесцентных ламп – это результат высокой световой отдачи (больше света на единицу мощности) и долгого ожидаемого срока службы по сравнению со стандартными лампами накаливания. Электронное балластное сопротивление, связанное с технологией стандартной люминесцентной лампы уменьшит эксплуатационные расходы на 25% по сравнению с традиционными системами. Использование датчиков присутствия людей в комнате для автоматического выключения и включения света – это надежный способ снижения расхода электричества. В таблице 1 приведены возможные варианты ламп для освещения катка.

Таблица 1

Возможные лампы для катка

Тип	Применение	Диапазон мощности	Срок службы	
Компактная люминесцентная лампа	Общее освещение	5-55 Вт	8000-12000 ч	Хорошая энергоотдача
Стандартная люминесцентная лампа	Общее освещение	30-80 Вт	20000 ч	Хорошая энергоотдача
Металлогалоидная лампа	Освещение катка	35-2000 Вт	6000-20000 ч	Хороша для освещения катка
Натриевая лампа высокого давления	Освещение катка	50-400 Вт	14000-24000 ч	Плохая цветопередача
Высокочастотная газоразрядная лампа	Освещение катка	55-165 Вт	60000 ч	Долгий срок службы, дорогие (пока)
Галогеновые лампы	Специальное освещение	20-2000 Вт	2000-4000 ч	Отличная цветопередача, хорошие возможности затемнения

Количество тепла, излучаемого на лед, контролируется температурами потолка и ледовой поверхности и по коэффициенту пропорциональности называется эмиссионным. Материалы, являющиеся абсолютными излучателями, имеют коэффициент эмиссии 1, материалы, не излучающие тепло, имеют коэффициент эмиссии 0. Использование низко-эмиссионных материалов для поверхностей может сократить излучение. Большинство строительных материалов имеют коэффициент эмиссии около 0,9. Наиболее используемым низко-эмиссионным материалом, используемым на катках, является алюминиевая фольга. Именно низкие эмиссионные свойства (эмиссия 0,05) алюминиевой фольги, направленной на лед, делают систе-

мы такой эффективной. Более того, низко-эмиссионная поверхность снижает тепловую нагрузку и улучшает условия освещения катка.

В системе холодильных установок оптимально подобрана мощность установки применены современные энергосберегающие холодильники.

Рефрижераторная установка является важнейшим элементом катка. Потребление электроэнергии установкой составляет более половины общего электропотребления, а тепловые потери льда могут быть более 60% всей тепловой нагрузки катка.

Рефрижераторная установка может быть либо так называемой прямой или непрямой системы. В прямой системе трубы под катком работают как эвапораторы, тогда как непрямая система включает в себя отдельный эвапоратор (теплообменник), и ледовая поверхность охлаждается косвенно с помощью специальных хладагентов в замкнутой циркуляции.

Выход энергии в прямой системе в целом лучше, чем в непрямой системе. С другой стороны, себестоимость прямой системы выше, чем себестоимость непрямой. Более того, в некоторых странах в не прямых системах не может использоваться, например, аммиак, из-за угроз здоровью в случае утечки хладагента. В Таблице 2 приводятся данные по преимуществам и недостаткам разных систем.

Таблица 2

Характеристики прямой и непряой рефрижераторной установки

Прямая система	Непрямая система
+ Выход энергии + Простота	+ Использование промышленных рефрижераторных установок + Заполнение небольшим количеством хладагента (экологически положительная) + Подходит к любому хладагенту
- Невозможность использования с некоторыми хладагентами (аммиак) - Стоимость монтажа - Необходимость профессиональных умений в проектировании и установке	- Выход энергии меньше, чем в прямой системе

В системе кондиционирования окна и двери должны быть закрыты - иначе кондиционер будет охлаждать улицу или коридор.

В помещениях катка строго рекомендуется использовать искусственную вентиляцию в целях обеспечения здорового и безопасного состояния воздуха.

Здание разделяется на две температурные зоны: помещение катка и места общественного пользования. Наиболее простой и безопасный способ – это оборудовать здание двумя вентиляционными установками, одной в помещении ката, а другой в общественных местах.

В энергосбережении также важно снижение возможных теплопотерь. Для этого применены эффективные теплоизоляционные материалы в ограждающих конструкциях (многослойные панели типа «сэндвич»); утеплен цоколь, отмостка и пол по грунту, установлены теплосберегающие оконные конструкции.

По расчетам экспертов на долю фундаментов и цокольных этажей приходится до 20% всех теплопотерь здания. Зимой потери тепла происходят через цокольный этаж и фундамент, незащищенный от промерзшего грунта.

Для теплоизоляции фундамента по периметру используют материалы и утеплители, способные сохранять необходимые теплозащитные качества во влажной среде. Этим требованиям в наибольшей степени отвечает пенополистирол различных марок. Периметральное утепление зоны, примыкающей к фундаменту, не только способствует снижению теплопотерь через отмостку, но и препятствует промерзанию почвы.

Спортивные сооружения отличаются от других типов зданий большими площадями остекления, а потому теплопотери в них гораздо значительнее. Поэтому при строительстве

данного спортивного комплекса применены теплосберегающие светопрозрачные конструкции – пластиковые окна с энергосберегающим напылением - это современные окна заводского изготовления, где используется теплосберегающее стекло с напылением серебра. С помощью серебра на стекле получается тот же эффект, что и в термосе – тепло остается внутри, а не «обогревает» улицу. Очевидные преимущества таких окон перед обычными стеклопакетами:

- лучше сберегают тепло (на 40% лучше, по сравнению с обычными стеклопакетами);
- меньше риск возникновения конденсата, меньше «холодит» от окна (температура теплосберегающего стекла с напылением серебра выше на 6° температуры обычного стекла);
- летом помещение меньше нагревается от солнечных лучей (за счет лучшего отражения солнечной энергии по сравнению с обычными стеклопакетами);
- экономия теплоресурсов на обогреве помещений зимой и кондиционировании летом;
- стоимость всего на 5-10 % выше обычных пластиковых окон.

В здании ледового катка повышена эффективность систем теплоснабжения: использованы современное теплогенерирующего оборудования; применены узлы учета тепловой энергии; использование вторичные энергоресурсы.

Отходящее тепло компрессора может покрыть практически все потребности тренировочного катка в большинстве эксплуатационных ситуаций. Температурный уровень отходящего тепла обычно составляет около 30-35°С. Отходящее тепло можно использовать при подогреве воды для заливки льда, при отоплении катка, обогреве свежего воздуха, для предварительного нагрева водопроводной воды и растапливания снега и ледяного сала в процессе заливки льда.

Таким образом, комплекс мероприятий, принятых при проектировании Крытой ледовой арены в г. Черногоorsk позволил снизить энергопотребление до 55% и эксплуатационные расходы до 50%, одновременно повышая качество микроклимата для потребителей.

Библиографический список

1. Портал ЭнергоСовет.ru - Энергосбережение и Энергоэффективность [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.energsovet.ru. – Загл. с экрана;
2. Статья: Энергосбережение – Материал из Википедии — свободной энциклопедии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Энергосбережение>. – Загл. с экрана;
3. Журнал "Энергосбережение" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.abok.ru/pages.php?block=en_mag. – Загл. с экрана;
4. Правила ИИХФ по строительству и эксплуатации катков.

Е.В. Николаенко, И.А. Арканова

Южно-Уральский государственный университет

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОФЛОТАЦИИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ЖИРОСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД МЯСОКОМБИНАТОВ

Объемы сточных вод мясоперерабатывающих комбинатов зависят от уровня основного технологического процесса. На каждом предприятии они различны, однако их объединяет весьма высокие концентрации различных загрязнений, которые присутствуют в сточных водах во всех видах дисперсного состояния: грубодисперсном, эмульгированном, коллоидном и растворенном. Природа этих загрязнений различна, но характерными являются органические примеси, которые представлены главным образом жирами, белками и продуктами их гидролиза.

Белковые вещества обладают гидрофильными свойствами, это – амфотерные электролиты, в условиях избытка кислоты ведут себя как основания, в присутствии щелочей – как кислоты. Жиры в воде находятся в твердом, размягченном или подплавленном состоянии в зависимости от температуры, они не растворяются и образуют эмульсии, совместно с белками могут образовывать и суспензии. Эффективная очистка таких многокомпонентных сточных вод не может быть решена только каким-то одним методом обработки, а учитывая ценность содержащихся в ней примесей, необходима технология,

позволяющая не только довести качество очищенной воды до требований на сброс, но и способствующая извлечению белков и жиров для их дальнейшего использования в качестве вторичного сырья.

Эффективность удаления жира в жироловках обычных конструкций не превышает 30%, а при дооборудовании их системой удаления осадка – 50%. Начальная концентрация жира в сточных водах мясокомбината, как правило, составляет от 100 до 500 мг/л, такую эффективность очистки нельзя считать достаточной, поскольку предельно допустимая концентрация жиров при сбросе сточных вод в общегородскую хоз-бытовую канализацию не должна превышать 50 мг/л.

Существенно интенсифицировать процесс обезжиривания сточных вод позволяет замена отстаивания электрофлотацией. В случае электрофлотации обеспечивается генерация газовых пузырьков весьма тонкой дисперсности и в достаточном для флотации количестве. Путем изменения параметров тока можно изменять дисперсность и гранулометрический состав пузырьков, что имеет большое значение в создании оптимальных условий для извлечения жировых частиц любых размеров.

Наличие солей в сточной воде мясокомбината увеличивает ее электропроводность и делает процесс экономически еще более целесообразным. Наряду с этим попутно происходит электролиз содержащейся в сточной воде поваренной соли в результате которого выделяется активный хлор. Благодаря высоким, окислительным свойствам ClO^- и атомарного кислорода, также образующегося при электролизе, осуществляется окисление органических веществ, в том числе бактерий, что обеспечивает эффективное обеззараживание сточной воды.

Полученные нами экспериментальные данные свидетельствуют о том, что относительная плотность тока при электрофлотации жира должна быть от 15 до 20 mA/cm^2 , при этом расход электроэнергии в расчете на обработку 1m^3 сточной воды составляет 0,3...0,5 кВтч. Дальнейшее повышение плотности тока снижает эффект обезжиривания, что объясняется образованием турбулентных потоков в обрабатываемой жидкости в результате бурного выделения газовых пузырьков. Возникающие потоки ухудшают процесс флотации частиц жира и препятствуют закреплению их в пене.

Установлено также, что скорость извлечения жира имеет наибольшее значение в первые 5...10 мин электрофлотационной обработки, дальнейшая обработка мало влияет на относительную эффективность обезжиривания сточных вод. Это объясняется тем, что в первые 5...10 мин работы установки флотируется из сточной воды жир, находящийся во взвешенном состоянии, и некоторая часть эмульгированного жира. При дальнейшей обработке из сточной воды извлекается только оставшийся эмульгированный жир, однако количество его невелико и относительная эффективность обезжиривания поэтому возрастает медленно.

При оптимальных значениях плотности тока и продолжительности обработки сточной воды эффект очистки от жира составляет 98% при начальной концентрации от 100 до 500 мг/л. Высокий эффект очистки в сочетании с простотой изготовления и обслуживания электрофлотационных аппаратов, а также возможностью регулирования степени очистки путем изменения только одного технологического параметра – плотности тока делает метод электрофлотационной очистки приоритетным в сравнении с другими известными методами. Для повышения эффективности процесса очистки рекомендуется предварительная реагентная обработка с использованием современных коагулянтов. Использование такой технологической схемы позволяет снизить содержание жира, взвешенных веществ и других контролируемых загрязнений в сточной воде мясокомбината до уровня ПДК на сброс в городскую канализационную сеть, а извлеченные компоненты использовать в качестве вторичного сырья.

ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ НАРУЖНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ТОПОЧНЫХ ЭКРАНОВ

Для оценки уровня напряжений в слое различных отложений, возникающих при водяной обдувке, и последующей сравнительной оценки локальной эффективности очистки водой топочных экранов, автором решалась нестационарная задача теплопроводности и термоупругости. Для решения этой задачи возникла необходимость в данных по теплофизическим свойствам отложений. Расчет изменения температур по толщине отложений в момент обдувки позволяет определить уровень снижения «термошоков», значения которых используются при расчете ресурса труб. Данные по теплофизическим свойствам отложений, кроме того, используются для определения характеристик загрязненных температурных вставок, применяемых при исследованиях и в системах диагностики шлакования и загрязнения поверхностей нагрева.

Для отложений, образующихся при сжигании тощего угля, коэффициент теплопроводности (λ) изменяется в пределах 0,11-0,12 Вт/мК, (объемная масса отложений $\rho_{об} = 500-600$ кг/м³), для назаровского угля соответственно 0,08-0,15 Вт/мК, ($\rho_{об} = 250-350$ кг/м³). Теплопроводность отложений подмосковного угля возрастала в интервале температур 100-600°C от 0,38 до 0,62 Вт/мК, для отложений назаровского угля (в том же диапазоне температур) от 0,28 до 0,45 Вт/мК. Типичная зависимость $\lambda = f(t)$ показана на рисунке.

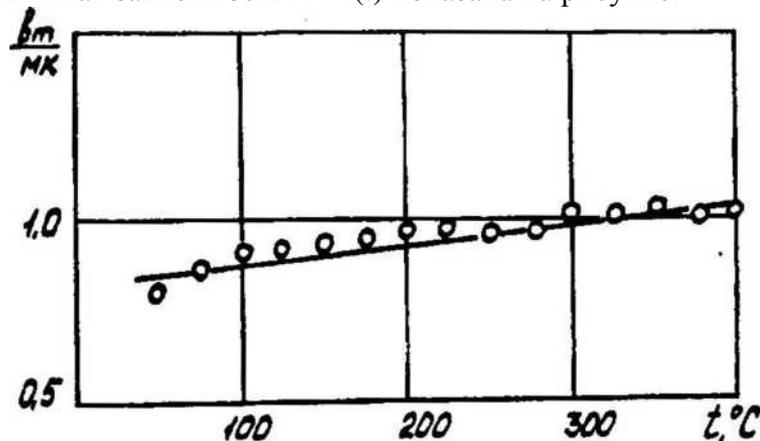


Рис. 1. Зависимость λ от температуры

Среднее арифметическое значение b по данным измерений составило $0,4 \cdot 10^{-3}$ 1/К за исключением отрицательных величин b для первичных железистых отложений. Для шлакового отложения ($\Pi = 0,632$, $\rho = 1,25 \cdot 10^{-3}$ 1/К $\lambda_0 = 0,32$ Вт/мК) линейная зависимость сохраняется до температуры 900-1000°C, выше которой происходит спекание и оплавление образца с необратимым (при последующем понижении t) возрастанием λ .

Библиографический список

Кирсанов Ю.А. Циклические тепловые процессы и теория теплопроводности. М.:Физматлит ISBN 978-5-9221-0831-7; 2007 г.