

СЕКЦИЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

ПЕРЕЧЕНЬ ДОКЛАДОВ

ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ ЗАВОДА ПО ПРОИЗВОДСТВУ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Коноплич А. Н.
Научный руководитель – к.т.н., старший преподаватель Иокова И. Л.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

Алексеева И. В.
Научный руководитель – к.т.н., старший преподаватель Иокова И. Л.

ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ

Кулинич Р.К.
Научный руководитель - к.т.н., доцент Ярмольчик Ю.П.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ВОДЫ

Янчук В.В.
Научный руководитель – доцент Чиж В.А.

ПРИМЕНЕНИЕ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВОК В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ ПОСЛЕ ВВОДА БЕЛОРУССКОЙ АЭС

Карасёва А.В., Кацубо В.В.
Научный руководитель – м.т.н. Бобич А.А.

ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА СТЕКЛА

Воробьев В.И., Макаренко Д.С.
Научный руководитель – д.т.н., профессор Седнин В.А.

КОМБИНИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ АГРОГОРОДКА

Королев А.В., Шевчук И.В.
Научный руководитель – д.т.н., профессор Седнин В.А.

ПРОГРАММА «ТЕПЛОМАГ»

Малащук А.М., Кулаков В.М.
Научный руководитель – старший преподаватель Петровская Т.А.

МЕРЫ ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ТЭС.

Позднякова М.И.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Чернышев В.И.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ НА ТЭЦ

Иванова О.А., Скицунова И.А.
Научный руководитель – м.т.н. Бобич А.А.

СИСТЕМА УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ ТРУБОПРОКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Шевчук И.В., Королев А.В.
Научный руководитель – д.т.н., профессор Седнин В.А.

СИСТЕМА КОМПАС-3D

Логоненков Р.А.
Научный руководитель – аспирант Матявин А.А.

СОЛНЕЧНЫЕ КОЛЛЕКТОРЫ

Олешко Ю.С., Черехович О.В., Царик Е.В.
Научный руководитель – доцент Мигуцкий И.Е.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ИЗОЛИРОВАННЫЕ ТРУБЫ

Османов К.О.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Чернышев В.И.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ВЛАЖНОГО ВОЗДУХА

Бойко Е.Г.

Научный руководитель – д.т.н., профессор Романюк В.Н.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННИКОВ НА ТЕПЛОВЫХ ТРУБАХ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ТЕПЛОТЫ ОТ БЫТОВЫХ СТОКОВ К ГВС.

Власюк Д.И.

Руководитель – старший преподаватель Прокопеня И.Н.

ВИРТУАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ

Ремез М.В.

Научный руководитель - д.т.н., профессор Седнин В.А.

ПЛАВУЧИЕ СОЛНЕЧНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Бойко Е.Г.

Научный руководитель – старший преподаватель Иокова И.Л.

РЕТЕ ТЕХНОЛОГИЯ – НОВЫЙ СПОСОБ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Швед И.В.

Научный руководитель – старший преподаватель Петровская Т.А.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ИЗОЛИРОВАННЫЕ ТРУБЫ

Османов К.О.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Чернышев В.И.

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ZULU

Карасёва А.В., Кацубо В.В., Скицунова И.А.

Научный руководитель – аспирант Матявин А.А.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ MAGIC CAD В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

Северин В. Ф., Соколовская К. С., Сидорчук А. А.

Научный руководитель – аспирант Матявин А.А.

РАЗРАБОТКА SCADA-СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСЕТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЯ

Егощенко И. Н., Лешкевич В. С., Петрашкевич А. С.

Научный руководитель – старший преподаватель Петровская Т.А., аспирант Матявина А.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ «МОДЭН»

Музыкантова К.С., Самончик К.В.

Научный руководитель – аспирант Матявин А.А.

ИСТОРИЯ ГАЗИФИКАЦИИ ТВЕРДЫХ ТОПЛИВ

Ролейно Т.Г., Самойленко Е.В.

Научный руководитель – старший преподаватель Космачёва Э.М.

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ ТРУБЧАТОГО ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА

Прокопенко К.В., Шевандо А.А.

Научный руководитель – старший преподаватель Космачёва Э.М.

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ УСТАНОВКИ ПО ПЕРЕГОНКЕ БИНАРНОЙ СМЕСИ ВЗАИМОРАСТВОРИМЫХ КОМПОНЕНТОВ

Османов К.О., Хатянович П.П.

Научный руководитель – старший преподаватель Космачёва Э.М.

СОЛНЕЧНЫЕ ДОРОГИ

Ролейно Т.Г., Самойленко Е.В.

Научный руководитель – старший преподаватель Космачёва Э.М.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТРУЙНОГО КОМПРЕССОРА В УСТАНОВКЕ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ВОДНОГО РАСТВОРА ВЕЩЕСТВА

Османов К.О., Хатянович П.П.

Научный руководитель – старший преподаватель Космачёва Э.М.

ВЫБОР ВАРИАНТА ТЕПЛОИСТОЧНИКА ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ СООО «ПП ПОЛЕСЬЕ»

Ковалёва К. И.

Научный руководитель – м.т.н., ассистент Бобич А.А.

ФАКЕЛЬНОЕ СЖИГАНИЕ ДИСПЕРСНОГО ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

Ярмольчик Д. Ю.

Научный руководитель - к.т.н., доцент Сапун Н.Н.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕМБРАННЫХ ПЛАСТИНЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ВЫТЯЖНОГО ВОЗДУХА НА НПЗ

Кузьмин Р.О., Мясникович В. В.

Научный руководитель - к.т.н, профессор Седнин А.В.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПАСПОРТ

Горбач В.А., Янкович В.С., Панкевич В.И.

Научный руководитель – аспирант Матявин А.А.

БЕСПРОВОДНОЕ ИНДУКЦИОННОЕ СРЕДСТВО ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ

Богдан А.А., Захарченко В.С, Игнатович Р.С.

Научный руководитель – старший преподаватель Петровская Т.А.

АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА РБ

Иванова Д.С, Павлович И.В, Твердунова А. Д.

Научный руководитель – старший руководитель Петровская Т.А.

ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА КАК ПРЕДМЕТНАЯ ОБЛАСТЬ АВТОМАТИЗАЦИИ

Деветьярова М.В, Зуева Е.С., Пестрак А

Научный руководитель – старший преподаватель Петровская Т.А.

УДК 658.26

ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ЭНЕГРОСНАБЖЕНИЕ ЗАВОДА ПО ПРОИЗВОДСТВУ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Коноплич А. Н.

Научный руководитель – к.т.н., старший преподаватель Йокова И. Л.

РУП «Минский завод строительных материалов» (далее МЗСМ), включает три основных производства: цех кирпича, цех аглопорита и цех перлита. Для получения кирпича и аглопорита сырьем служит глина из местных карьеров, перлитовая порода завозится из Армении.

Продукцией завода является (рисунок 1):

- Кирпич утолщенный, эффективный, красный;
- Аглопоритовый щебень и песок;
- Перлитовый песок вспученный;
- Плиты ПАК (перлит-асбесто-каолиновые), плиты ТИЗО (теплоизоляционные из отходов – опилок), блоки ЖСБ (жаростойкие блоки).



Рисунок 1 - Диаграмма годового потребления энергоресурсов в %

Цех эффективного красного кирпича с проектной мощностью печей 110 млн. шт. пущен в эксплуатацию в 1980 году. Производство глиняного кирпича представляет собой высоко механизированный, энергонасыщенный технологический процесс, оснащенный современным оборудованием. Здесь сосредоточены наиболее энергоемкие, а значит и интересные с точки зрения энергетического аудита, теплотехнологические установки. Это, прежде всего, туннельные обжиговые печи и туннельные сушила.

Цех по производству аглопорита – это высокомеханизированное производство, включающее шихто-смесительное отделение и две агломерационных печи. Аглопорит – это искусственный пористый заполнитель для легких бетонов. Он получается путем спекания гранул шихты, состоящей из смеси глины, угля и опилок. От правильности работы шихто-смесительного отделения зависит процент получаемого брака, а значит, и перерасход энергии.

Цех по производству вспученного перлита построен в 1970 году. После реконструкции в 1986 году мощность выпуска доведена до 150 тыс. м³/год. Основное энергопотребляющее оборудование цеха – дробилка валковая ДВГ–3М, жироскопический грохот ГЖ–2 и

вертикальные перлитовые печи вспучивания перлита. Перлит применяют при изготовлении легких бетонов, звукоизоляционных плит и других материалов, а также теплоизоляционных засыпок при температуре изолируемых поверхностей от -200 до $+675$ °С. В частности, в цеху из перлитового сырья производят плиты ПАК, ТИЗО и в незначительном количестве жаростойкие блоки ЖСБ.

В технологических процессах завода в целом используется электроэнергия и топливо (природный газ, каменный уголь, опилки). Общая присоединенная мощность трансформаторов, питающих завод, составляет 9630 квар.

Завод строительных материалов привязан к источнику природного газа – газовым сетям ПО газового хозяйства «Мингаз», магистрали ОАО «Газпром трансгаз Беларусь». Потребление воды – городской водопровод ПО «Минскводоканал» управления «Водосбыт». Завод имеет свою котельную, которая состоит из трех водогрейных котлов КВ-1,0Г причем тепло от них, и горячая вода используется только для коммунально-бытовых нужд.

Расход тепловой энергии замеряется диафрагмами установленные на выходе из котельной; расход природного газа – дроссельной шайбой в газо-регулирующем пункте (ГРП) и газовыми счетчиками непосредственно на газо-потребляющем оборудовании. В цехах и в отделе главного энергетика (ОГЭ) ведется посменный и ежедневный учет теплоэнергетических ресурсов.

Итак, наиболее интересными в плане анализа энергопотребления является технология производства красного кирпича и аглопорита. Заострим внимание на аудите цеха производства аглопорита, так как этот продукт является перспективным для строительных материалов. Производство аглопорита предназначено для утилизации отходов, получаемых от других производств, что в данный момент имеет очень большое значение для выброса производственных отходов в окружающую среду (ОС).

Аглопорит относится к искусственным пористым заполнителям. Он представляет собой сыпучий пористый материал в виде щебня или гравиеподобной (округлой) формы. Продукт контактного спекания на решетках агломерационных машин получаемый из глинистого сырья и глинистых углесодержащих пород (являющихся отходами от добычи и обогащения углей) или топливных шлаков от кускового сжигания и золы от пылевидного сжигания углей.

Метод производства аглопорита заключается в том, что через слой зажженной шихты просасываются газы сверху вниз. В слое шихты при этом последовательно происходит быстрое испарение влаги (сушка) и подогрев шихты, сгорание топлива с повышением температуры шихты до $1200-1600$ °С, спекание и поризация исходного сырья и охлаждение спекшегося продукта. Горящие газы из поверхностного слоя просасываются через нижележащие слои, подсушивая и подогревая их. Двигаясь дальше и встречая на своем пути холодные слои шихты, газы охлаждаются, что в начальной стадии процесса приводит к конденсации влаги в нижних слоях. В дальнейшем эти слои прогреваются отходящими газами до 100 °С и более. Начавшийся в шихте процесс горения топлива переходит от одного слоя к другому, заканчиваясь у колосников агломерационной машины. При этом в спекаемом слое различают четыре технологические зоны: охлаждение, горение топлива (сжигание горючих веществ), подогрева шихты и испарение влаги. В конечной стадии процесса, когда зона горения приближается к колосникам, постепенно исчезает зона испарения влаги и сокращается зона подогрева. У нижнего слоя остаются лишь две зоны – охлаждения и горения топлива.

Получение пористого продукта при спекании различного сырья на агломерационных машинах связано с выгоранием топлива и органических веществ, испарением влаги, контактным спеканием отдельных зерен и вспучивание за счет давления газов. Пористому строению в аглопорите способствует температурный режим процесса спекания. Быстрый подъем температуры в спекаемом слое – в течение 3–4 мин. нагревается до $1400-1500$ °С. А также, кратковременность пребывания спекаемого материала в зоне максимальных температур – 1–3 мин.

Особенности процесса спекания позволяют получить пористый продукт на агломерационной решетке под воздействием следующих физико-химических превращений (независимо от характера газовой среды):

1. Удаление адсорбционной воды из глинистых пород, дегидратируются гидроокислы железа и кристаллизуется гематит (90 – 500 °С).

2. Дегидратируются глинообразующие материалы (500 – 1000 °С). При нагреве в окислительной среде выгорают летучие составляющие угля, сернистые соединения железа (пирит, марказит) переходят в гематит, а двухвалентное железо в шлаковом стекле окисляется.

3. Заканчивается глинообразующих материалов с их аморфизацией (950 – 1000 °С).

4. Оплавляются и частично муллитизируются полевые шпаты, в процессе твердофазных реакций СаО связывается в силикаты и алюмосиликаты кальция (1200 – 1350 °С). В окислительной среде интенсивно выгорают органические вещества. В восстановительной среде происходит выделение СО и начинает появляться жидкая фаза вследствие взаимодействия аморфизованного глинистого вещества и остеклованных частиц с плавнями – закись железа, СаО и щелочами.

5. Интенсифицируются муллитизация полевых шпатов, плавится основная масса аморфизованного глинистого вещества и остеклованных частиц исходного сырья (при применении шлаков и золы). В окислительной среде завершается выгорание органических веществ, при окислении расплава выделяется магнетит или гематит, а муллит слабо кристаллизуется из расплава из-за снижения его вязкости при окислении.

6. Период охлаждения (1500–20 °С). В окислительной среде завершается кристаллизация железосодержащих фаз (гематита, магнетита), а в преобладающей массе бурого стекла кристаллизуется плагиоклаз и α-кristобалит. В восстановительной среде образуется прозрачное бесцветное или слабо окрашенное стекло, включающее выделявшиеся ранее игольчатые кристаллики муллита.

Минералого-петрографические исследования прозрачных и полированных шлифов и рентгеноструктурный анализ наиболее характерных образцов аглопорита подтвердил, что основным структурным элементом аглопорита является стекло различного состава, а второстепенными элементами кристаллические образования, содержащиеся в примесях исходного сырья или получаемый при охлаждении расплава. Аглопорит, изготавливается из глинистых легкоплавких пород (суглинка), состоит в основном из высоко кремнеземистого стекла и сильно оплавленных зерен кварца, реже полевого шпата. Наличие большого количества стекла, насыщенного зернами кварца, в аглопорите из суглинков и супесей может быть объяснено высоким содержанием в них кремнезема и плавней (10–12 %). Наилучшим является аглопорит, содержащий от 35 % до 50 % стекловидной фазы и 50–65 % аморфизованного глинистого вещества, кварца и кристаллических новообразований. При меньшем количестве стекла, уменьшается прочность аглопорита, при большем – увеличивается его объемный вес. Присутствие пылеватых и песчаных фракций в глинистых породах является полезным, так как эти фракции не переходят (в основном) в расплав, а образуют жесткую структуру (каркас). В сырье для производства аглопорита должно содержаться более 50 % песчаных и пылеватых частиц.

Литература

1. Никифорова, Н. М. Основы проектирования тепловых установок при производстве строительных материалов / Никифорова Н. М. – М.: Высшая школа, 1974. – 144 с.
2. Петров, Л. К. Аглопорит и аглопоритобетон / Л. К. Петров, Н. П. Кореневич. – Минск: Наука и техника, 1995. – 390 с.

УДК 621.577

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

Алексеева И. В.

Научный руководитель – к.т.н., старший преподаватель Иокова И. Л.

Тепловой насос – это современный и высокотехнологичный прибор для отопления и кондиционирования воздуха.

История создания теплового насоса начинается с 19 века. Принцип теплового насоса вытекает из работ Карно (1824 г.). В 1852 г. Томсон предложил практическую теплонасосную систему, которую назвал «умножителем тепла», использующую воздух в качестве рабочего тела.

В 20-м веке, в 1930 г. Холдэйн описал испытание домашнего теплового насоса, предназначенного для отопления и горячего водоснабжения, использующего тепло окружающего воздуха. Первая крупная теплонаносная установка в Европе была введена в действие в 1938-1939 гг. В ней использовались тепло речной воды, ротационный компрессор и хладагент. Она обеспечивала отопление ратуши водой с температурой 60 °С при мощности 175 кВт. В летние месяцы установка работала на охлаждение.

В 1993 г. общее количество работающих теплонасосных установок (ТНУ) в развитых странах превысило 12 млн., а ежегодный выпуск составил более 1 млн.

По прогнозу Мирового энергетического комитета к 2020 г. в передовых странах доля отопления и горячего водоснабжения с помощью тепловых насосов составит 75%.

Каков же принцип действия теплового насоса? Внутренний контур тепловых насосов состоит из следующих компонентов:

- конденсатор;
- капилляр;
- испаритель;
- компрессор, работающий от электрической сети;
- терморегулятор, который управляет устройством;
- хладагент – циркулирующий в системе теплоноситель с определёнными

физическими свойствами и характеристиками.

Тепловые насосы для отопления, забирают тепло из почвы, грунта, грунтовых вод и самого воздуха.

Суть работы заключается в следующем: по внешнему контуру системы отопления движется незамерзающая жидкость, которая нагревается от окружающей среды. В насосе эта жидкость отдает порядка 5° хладагенту и продолжает циркулировать. Хладагент закипает (при температуре порядка –10 °С), переходя в газообразное состояние. Компрессор сжимает пар, что приводит к повышению его температуры. Попадая в теплообменник, этот пар отдает тепло внутреннему контуру отопления, а сам остывает, конденсируется и возвращается в испаритель. При грамотном подходе экономия на энергетических ресурсах может достигать 70 %.

Данное оборудование бывает нескольких типов, от чего и зависят их технические характеристики.

Грунт-вода – это устройство извлекает тепло из грунта при помощи коллекторов или зондов. Грунт аккумулирует солнечную энергию и может отдавать свое тепло вне зависимости от погоды, а на глубине ниже 10 м температура практически постоянна в течение всего года по всей стране.

Вода-вода – источником тепла в этом случае являются подземные грунтовые воды, а также может быть использован водоем, расположенный поблизости, кроме этого можно использовать сбросовую и технологическую воду промышленных предприятий.

Воздух-вода – источником тепла выступает воздух, в том числе теплый сбросовый. Этот тип оборудования может работать и на охлаждение. Кроме этого, его можно подключать к уже имеющейся системе отопления.

Воздух-воздух – внешний контур наполняется воздухом из окружающей среды, система отопления – также воздушная. Работает по принципу кондиционера, но способен работать при более низкой уличной температуре.

Классификацию современных теплонасосных установок следует осуществлять, прежде всего, по циклам их работы:

- воздушно-компрессорные тепловые насосы (ТН);
- парокомпрессионные ТН;
- абсорбционные ТН;
- ТН, основанные на использовании эффекта Ранка;
- ТН, работающие по циклам Ренкина, Брайтона и Стирлинга;
- термоэлектрические ТН;
- обращенный топливный элемент.

К достоинствам тепловых насосов можно отнести следующее:

- Использование современных энергосберегающих технологий, обеспечивающих экономическую эффективность работы.

При затратах на функционирование системы в 1 кВт электроэнергии вырабатывается от 3-х до 4-х кВт тепловой энергии. Между собой агрегаты сравниваются по коэффициенту преобразования тепла (КПТ) – отношению полученного тепла к израсходованной энергии.

- Экологичность.

Аппарат при работе не сжигает топливо, а значит, не выбрасывает вредные вещества в окружающую среду. Ни в воздухе, ни в почве не накапливаются опасные для здоровья людей и природы соединения.

- Возможность повсеместного использования.

Если не вода, то земля и воздух есть повсюду, что позволяет использовать тепловые насосы в разных уголках Земли.

- Многофункциональность.

Тепловые насосы, оснащенные реверсивным клапаном, способны не только обогреть дом и обеспечить его горячее водоснабжение, но и охладить воздух в летний период.

- Безопасность.

При работе агрегата нет открытого огня, и не выделяются опасные смеси и газы. Узлы системы не прогреваются выше 90 °С.

Недостатки тепловых насосов:

- Стоимость.

Является главным недостатком тепловых насосов.

- Низкие температуры.

КПТ выше тогда, когда разница температур теплоносителя в системе и отопительном контуре минимальна.

- Тепловые насосы обладают широкой областью практического применения:
- Отопление частных домов, дач, коттеджей, таунхаусов, загородных домов;
- Отопление заводов, складов, офисных зданий;
- Подогрев бассейнов и аквапарков;
- Отопления АЗС;
- Отопление теплиц и фермерских хозяйств.

За рубежом теплонасосная техника находит широкое применение для целей теплоснабжения жилых и офисных зданий уже более 30 лет. Толчком для ее массового применения стал энергетический кризис 1970-х годов. В 2009 г. в мире количество тепловых

насосов, использующих тепло грунта, превысило 2,8 млн. шт., их суммарная установленная тепловая мощность составила 35 ГВт, а ежегодное производство тепловой энергии – 214 тыс. ТДж. Лидерами по установке ТНУ данного типа являются США и Швеция.

Опыт использования тепловых насосов в странах СНГ пока невелик, однако условия для их внедрения есть.

Так применение тепловых насосов в нашей стране давно стало актуальным и значимым. Не так давно очень активно обсуждались вопросы использования тепловых насосов в строительстве жилищно-коммунальных объектов, а также их применения для повышения эффективности существующих котельных.

Наиболее перспективным в нашей стране признан абсорбционный цикл.

Абсорбционный тепловой насос работает следующим образом: в трубное пространство испарителя подаётся низкотемпературная вода, где она охлаждается за счёт испарения воды в вакууме, стекающей в виде плёнки по межтрубному пространству. Образовавшийся при этом пар поглощается водным раствором бромистого лития, стекающим по межтрубному пространству абсорбера. При этом раствор нагревается, и для сохранения его поглощающей способности теплота отводится водой, протекающей внутри труб абсорбера. Таким образом, происходит перенос теплоты с низкотемпературного уровня в испарителе на более высокий в абсорбере. Поглощая водяной пар, раствор бромистого лития становится слабым – концентрация его снижается. Для регенерации он подаётся в генератор, где концентрируется за счёт теплоты греющего источника – сжигаемого газообразного или жидкого топлива (пара). Крепкий раствор подаётся в абсорбер. Полученный в генераторе водяной пар направляется в межтрубное пространство конденсатора, конденсируется и поступает в испаритель. Вода подаётся последовательно в абсорбер и конденсатор, где нагревается до необходимой температуры и отдаётся потребителю. Все процессы в машине протекают под вакуумом.

Абсорбционные тепловые насосы могут использоваться для получения горячей воды на нужды отопления и горячего водоснабжения, для нагрева и охлаждения технологических сред в промышленности, энергетике, сельском хозяйстве. Основным условием эффективного применения тепловых насосов является наличие низкопотенциального источника теплоты с температурой не менее 15 – 20 °С.

Особенно стоит рассмотреть эффективность использования абсорбционного теплового насоса в составе ТЭЦ, на которых часто возникает необходимость увеличения мощности теплофикационного отбора станции. Эту проблему сейчас решают установкой дополнительных пиковых котлов. Но теплофикационную мощность станции можно существенно увеличить с помощью абсорбционного теплового насоса без увеличения расхода топлива.

При замещении традиционного теплоисточника двухступенчатым абсорбционным тепловым насосом экономия топлива составит 54%. При этом сокращаются выбросы парникового газа и других вредных продуктов сжигания органического топлива.

Можно сделать вывод, что абсорбционные тепловые насосы могут успешно заменить либо дополнить существующие котельные и тепловые пункты. Абсорбционные тепловые насосы обладают длительным сроком службы, высокой ремонтпригодностью, кроме того они малошумные в работе.

Литература

1. Васильев, Г. П. Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоёв Земли (Монография). / Г. П. Васильев. – М.: «Красная звезда», 2006. – 220 с.
2. Хрусталёв, Б. М. Техническая термодинамика: в 2 ч. / Б. М. Хрусталёв, А. П. Несенчук, В. Н. Романюк и др. – Минск: УП «Технопринт», 2004. – Ч.2. – 487с.

УДК 621.577

ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ

Кулинич Р.К.

Научный руководитель - к.т.н., доцент Ярмольчик Ю.П.

Меры по снижению уровня выбросов загрязняющих веществ применяются с целью удаления их из отходящих газов, среди которых особое значение имеет удаление твердых частиц, NO_x , SO_2 . Применяемые при этом методы различны как по степени снижения выбросов, так и по стоимости. Однако, применение таких мер необходимо для соблюдения нормативов допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду, нормативов качества окружающей среды, а также технических нормативов и должно быть направлено на максимально возможное предотвращение загрязнения окружающей среды.

Выбросы отработавших газов измеряют в следующих размерностях:

- PPM (parts per million) - это единица концентрации в миллионных долях).
- Мг/м³-содержание NO_x или SO_2 в 1 м³ уходящих газов.
- Мг/кВтч- выбросы NO_x или SO_2 при выработке 1 кВтч энергии.
- Ниже представлена таблица переводных коэффициентов для вышеперечисленных размерностей:

Таблица 1 - Переводные коэффициенты для определения размерностей

Топливо	Единицы	NO_x			СО		
		ppm	мг/м ³	мг/кВтч	ppm	мг/м ³	мг/кВтч
Жидкое топливо EL (дизтопливо)	1 ppm	1	2,056	2,109	1	1,250	1,283
	1 мг/м ³	0,486	1	1,026	0,800	1	1,026
	1 мг/кВтч	0,474	0,975	1	0,780	0,975	1
Жидкое топливо SA (мазут)	1 ppm	1	2,056	2,142	1	1,250	1,303
	1 мг/м ³	0,486	1	1,042	0,800	1	1,042
	1 мг/кВтч	0,467	0,960	1	0,768	0,960	1
Природный газ E	1 ppm	1	2,056	2,058	1	1,250	1,251
	1 мг/м ³	0,486	1	1,001	0,800	1	1,001
	1 мг/кВтч	0,486	0,999	1	0,799	0,999	1
Природный газ LL	1 ppm	1	2,056	2,093	1	1,250	1,273
	1 мг/м ³	0,486	1	1,018	0,800	1	1,018
	1 мг/кВтч	0,478	0,982	1	0,786	0,982	1
Пропан	1 ppm	1	2,056	2,062	1	1,250	1,254
	1 мг/м ³	0,486	1	1,003	0,800	1	1,003
	1 мг/кВтч	0,485	0,997	1	0,798	0,997	1
Бутан	1 ppm	1	2,056	2,068	1	1,250	1,258
	1 мг/м ³	0,486	1	1,006	0,800	1	1,006
	1 мг/кВтч	0,483	0,994	1	0,795	0,994	1

Литература

1. Перерасчёт различных единиц измерений выбросов [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <http://www.teploventa.ru/index.php/article/archive/1029>. – Дата доступа: 01.05.2016.

УДК 621.311.22.621.182.12

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ВОДЫ

Янчук В.В.

Научный руководитель – доцент Чиж В.А.

Республика Беларусь обладает достаточными ресурсами возобновляемых поверхностных и подземных вод для удовлетворения потребностей в воде. Особенностью водных ресурсов нашей страны является их принадлежность к бассейнам Черного и Балтийского морей. По обеспеченности водными ресурсами на одного жителя Беларусь находится в сравнительно благоприятных условиях: несколько лучших, чем европейские страны, и значительно лучших по сравнению с отдельными соседними государствами. Водообеспеченность общими водными ресурсами в средний по водности год в Беларуси составляет 5,8 тыс. м³ на одного жителя, в Европе в целом - 4,6, Польше и Украине - 1,7, в то же время в России - 30 тыс. м³.

Одним из наиболее распространенных загрязнений, присутствующих в природной воде, причем в больших количествах, особенно в воде подземных источников, является железо и, часто марганец. Наличие железа в воде, в отличие от большинства других загрязнений, легко определяется даже на бытовом уровне по окраске воды, появлению взвеси и осадка после отстаивания, образованию трудно удаляемых подтеков на сантехническом оборудовании, окрашиванию белья при стирке.

Поскольку железо и марганец относятся к токсичным тяжелым металлам, то, согласно принятым санитарным нормам, их содержание в питьевой воде не должно превышать 0,3 мг/л для железа и 0,1 мг/л для марганца. Требования многих производств (пищевых, энергетика, электроника) значительно жестче. Поэтому удаление железа и марганца из природной воды (обезжелезивания и деманганации) являются важной и наиболее распространенной операцией водоподготовки.

Железо находится в природной воде в растворенном, коллоидном и взвешенном состоянии в виде различных химических соединений:

- Двухвалентное – растворенное в виде ионов Fe^{2+} ;
- Трехвалентное. Хотя хлориды и сульфаты Fe^{3+} хорошо растворимы в воде, ионы Fe^{3+} полностью гидролизуются в нерастворимый гидроксид $Fe(OH)_3$, который находится в виде взвеси или осадка;
- Органическое железо – находится в виде различных растворимых комплексов с природными органическими кислотами (гуматами), имея, как правило, коллоидную структуру;
- Бактериальное железо – продукт жизнедеятельности железобактерий; железо находится в их оболочке.

В подземных (артезианских) водах, забираемых с большой глубины, присутствуют, в основном, ионы двухвалентного железа Fe^{2+} , обычно в виде растворенного бикарбоната – $Fe(HCO_3)_2$. В таких глубинных скважинных водах с низким содержанием растворенного кислорода может наблюдаться концентрация железа до нескольких десятков миллиграмм в 1 литре. При этом вода остается совершенно прозрачной. При подъеме на поверхность после контакта такой воды с воздухом она приобретает неприятные запах и вкус, а при хранении на воздухе из нее выделяется красно-бурый осадок.

В поверхностных водах вследствие наличия избытка кислорода железо находится в окисленном, трехвалентном состоянии Fe^{3+} . Как правило, железо в поверхностных водах встречается в коллоидном состоянии в составе органических комплексов с солями гуминовых кислот, а также входящее в состав железобактерий, которое образуется в процессе их жизнедеятельности.

Подход к очистке вод от железа определяется формой его существования в данной воде, концентрацией, производительностью и требованиями производства. Очистка включает целый ряд физико-химических процессов и сводится, прежде всего, к переводу соединений железа в нерастворимые или слабо растворимые формы с последующим извлечением их из воды.

Существуют 3 метода удаления железа (деферизация) и марганца (деманганация) воды:

- Физический – макро-, микро-, ультра- и нанофильтрация, и обратный осмос;
- Химический – окисление различными окисляющими агентами, в том числе в присутствии катализатора;
- Биологический – окисление двухвалентного железа с включением в состав бактерий.

Наномембраны и мембраны обратного осмоса позволяют удалять все виды железа, но все современные композитные мембраны очень чувствительны к содержанию железа в воде. Это объясняется тем, что в процессе фильтрации при окислении двухвалентного железа в толще мембраны образуется практически неудаляемое трехвалентное железо, что приводит к потере производительности и селективности, т.е. отравлению мембраны.

Ультрафильтрационные мембраны позволяют извлечь коллоидное и бактериальное железо, также способны удалять двухвалентное железо. Однако это уже физико-химический процесс, сочетающий каталитическое окисление двухвалентного железа в трехвалентное в слое гидроокиси на поверхности мембраны с ультрафильтрацией. Регенерация таких мембран производится обратной промывкой и химической мойкой растворами кислот и щелочей.

Химический метод, позволяющий извлечь двухвалентное железо и марганец – это ионный обмен на неорганических и органических ионитах. Данный метод относится к наиболее перспективным, т.к. при его использовании одновременно происходит умягчение воды, т.е. из нее сорбируются катионы кальция и магния, и удаляются двухвалентные железо и марганец. При регенерации солью такие фильтры десорбируются. Такая технология применима, когда в качестве катионита используются неорганические материалы. Существуют материалы, которые наряду с железом, марганцем и солями жесткости удаляют из воды аммоний и небольшие количества сероводорода, а также уменьшают ее коррозионную активность, повышая величину водородного показателя pH.

В современных органических катионитах осуществляется окисление двухвалентного железа в нерастворимые трудноудаляемые трехвалентные соединения внутри органической матрицы. При этом катионит «отравляется», т.е. его обменная емкость существенно падает. Различные промывки катионита практически безрезультатны. По этой причине в настоящее время метод разрешен для применения при концентрации железа в воде менее 2 мг/кг.

Наиболее распространенный способ извлечения растворенных двухвалентного железа и марганца сочетает в себе физические и химические методы и заключается в их окислении и переводе в нерастворимую форму гидроокисей с последующей фильтрацией. Свою популярность метод обрел благодаря дешевизне и простоте установки. В зависимости от концентрации Fe^{2+} для окисления используют кислород воздуха, хлор, озон, перманганат калия. Частицы, окисленных железа и марганца в виде гидроокисей отфильтровываются на гранулированной загрузке. Эта операция обычно сопряжена с механической фильтрацией воды и может производиться на традиционных песчаной, антрацитовый или гравийной загрузке.

Существует несколько способов окисления железа и марганца:

- Кислородом воздуха;
- Расходуемым регенерируемым твердым окислителем;

- Растворенным в воде окислителем на катализаторе.

Окисление железа и марганца растворенным в воде кислородом воздуха протекает с малой скоростью, поскольку процессы окисления и формирования хлопьев достаточно длительные. При окислении и переходе железа в нерастворимую гидроокись образуются свободные ионы водорода, т.е. раствор подкисляется. В кислой среде растворимость гидроксида увеличивается, и процесс замедляется или останавливается. При больших концентрациях железа необходимо корректировать pH либо использовать специальные загрузки, подщелачивающие воду.

Фильтрация воды, содержащей взвесь гидроокиси железа, может производиться на любой гранулированной загрузке, имеющей необходимые гидравлические характеристики. Было замечено, что такие материалы начинают эффективнее и быстрее работать только после наращивания на их частицах слоев гидроокиси железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$, работающей как катализатор дальнейшего окисления.

Однако существенным недостатком данного метода при применении сильных окислителей является коррозионная активность воды из-за избыточного содержания в ней растворенных кислорода и углекислого газа, что требует проведения тщательной ее дегазации перед дальнейшим технологическим использованием.

В настоящее время наиболее перспективны принципиально новые продукты – каталитические фильтрующие материалы, представляющие собой относительно легкую матрицу, которая покрыта пленкой оксидов марганца или железа, либо указанные оксиды введены в ее структуру. Материал не требует применения дополнительных химических реагентов, мало подвержен физическому истиранию и остается эффективным в широком диапазоне температур исходной воды. Такие установки достаточно компактны, дают высокую производительность и достаточное полное окисление железа. Но процесс возможен в интервале pH от 6,8 до 8,5. Также в исходной воде должны отсутствовать сероводород и нефтепродукты, ограничено содержание органики.

Одним из современных направлений обезжелезивания воды является биологический способ, который основывается на использовании микроорганизмов (железобактерий). Эти бактерии переводят двухвалентное железо в трехвалентное. Обильное развитие железобактерий отмечается в воде с содержанием железа от 10 до 30 мг/л, однако, их развитие возможно даже при концентрации железа в сто раз меньше. Главные условия – это поддержание кислотности среды на достаточно низком уровне при одновременном доступе кислорода из воздуха.

В некоторых случаях это оказывается единственным приемлемым способом снизить содержание железа в воде. Прежде всего, когда концентрации железа особенно велики, свыше 40 мг/л. Также применяют биологическое обезжелезивание, если в воде высоко содержание сероводорода и углекислоты. Ее подвергают фильтрации через колонии бактерий на медленных фильтрах с песчано-гравийной загрузкой. Затем подвергают сорбционной очистке для задержания продуктов жизнедеятельности бактерий. Сами по себе эти бактерии не представляют опасности для организма человека, однако продукты их жизнедеятельности токсичны. Поэтому заключительным этапом биологического обезжелезивания является сорбционная очистка для задержания продуктов жизнедеятельности железобактерий и окончательное ультрафиолетовое обеззараживание воды.

У биоочистки есть существенный недостаток – низкая скорость процесса и большая его зависимость от температуры. Это означает, что габариты очистных сооружений требуются существенно большие, чем у конкурирующих методов. Однако тенденция к использованию природных материалов и главное достоинство – экологичность данного метода – ускорят его дальнейшее более массовое применение.

Литература

1. Громогласов А.А. Водоподготовка: Процессы и аппараты / А.А. Громогласов, А.С. Копылов, А.П. Пильщиков. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 272 с.
2. Николадзе Г.И. Водоснабжение / Г.И. Николадзе, М.А. Сомов. – М.: Стройиздат, 1995. – 688 с.
3. Рябчиков Б.Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования / Б.Е. Рябчиков. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 328 с.
4. Фрог Б.Н. Водоподготовка / Б.Н. Фрог, А.П. Левченко. – М.: МГУ, 2003. – 680 с.

УДК 621.039.009.2

ПРИМЕНЕНИЕ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВОК В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ ПОСЛЕ ВВОДА БЕЛОРУССКОЙ АЭС

Карасёва А.В., Кацубо В.В.

Научный руководитель – м.т.н. Бобич А.А.

В связи с тем, что к 2018 году в республике планируется построить атомную электростанцию с первым энергоблоком мощностью порядка 1200 МВт, актуальным становится вопрос интеграции АЭС в Объединенную энергосистему (ОЭС) Беларуси.

Для того чтобы интегрировать АЭС в ОЭС Беларуси, в настоящее время рассматривается комплекс мер, реализация которых позволит обеспечить баланс электрических мощностей в ночные часы отопительного периода: строительство электродотлов.

Когенерация — это комбинированное производство тепла и электроэнергии.

Когенерация — это существенное снижение затрат на получение тепловой энергии.

Когенерационная установка состоит из силового агрегата, например, газовой турбины, электрического генератора, теплообменника и системы управления. В газотурбинных установках основное количество тепловой энергии отбирается из системы выхлопа. В газопоршневых электростанциях отбор тепловой энергии происходит от масляного радиатора, а также и от системы охлаждения двигателя. Отбор тепловой энергии в газотурбинных установках (ГТУ) осуществим технически проще, так как выхлопные газы имеют более высокую температуру.

Энергосистемы заинтересованы в подключении мощных когенераторных установок к своим сетям, так как при этом они приобретают дополнительную генерирующую мощность без капитальных вложений на строительство электростанции. В таком случае энергосистема закупает дешевую электроэнергию для её последующей перепродажи по более выгодному тарифу.

Между тем ввод в эксплуатацию Белорусской АЭС потребует резкого изменения режимов работы других генерирующих источников белорусской энергосистемы, что, в свою очередь, вызовет ряд сопутствующих проблем.

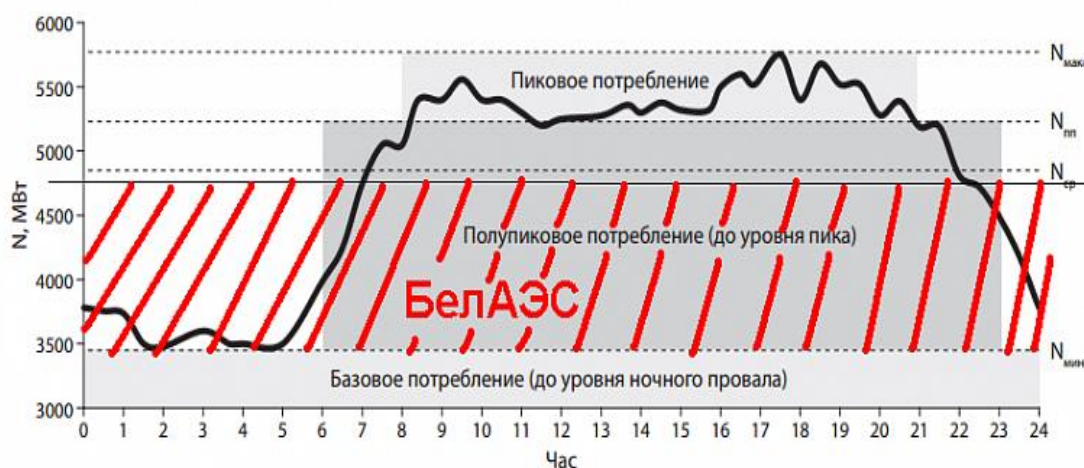


Рисунок 1 - Суточный график нагрузок белорусской энергосистемы при включении АЭС

Найти применение вырабатываемой БелАЭС электроэнергии проблематично. Строительство новых производств, способных потребить ее, связано со значительными финансовыми затратами.

После ввода АЭС в эксплуатацию могут быть остановлены и законсервированы некоторые ТЭЦ, работающие по принципу когенерации, то есть вырабатывающие

одновременно электричество и тепло. А это нецелесообразно, поскольку тепло, вырабатываемое на ТЭЦ, необходимо в отопительный период для системы центрального отопления.

Правительство утвердило документ постановлением № 169. Мероприятия плана нацелены на реализацию Концепции энергетической безопасности Беларуси. Одними из главных его результатов станут «ввод Белорусской АЭС, и ее эффективная интеграция в энергетическую систему».

Поставлена цель — увеличить экспорт электроэнергии. Минэнерго должно определить «маркетинговые преимущества в сегменте оптовой торговли этим ресурсом».

И все же после вода в эксплуатацию АЭС Беларуси, судя по всему, придется активнее заняться «электрификацией». Специалисты прогнозируют, что до 2020 года, скорее всего, на действующих отопительных котельных и ТЭЦ необходимо будет установить электродкотлы, а также построить новые электродкотельные для отопления и горячего водоснабжения жилых и производственных зданий.

По оценкам, цена вопроса дальнейшей «электрификации» в системе «Белэнерго» — около 113 млн. долларов, в том числе 75 млн. долларов потребуется для энергетической модернизации котельных и мини-ТЭЦ и 38 млн. долларов — для ТЭЦ.

В Беларуси выполнялись работы по изучению использования ТЭЦ в маневренном режиме, когда предусматривалась разгрузка отборов турбин с передачей отпуска тепла из отборов на энергетические котлы. Необходимо изучение вопроса о более глубокой разгрузке парогазовых блоков.

Увеличить коэффициент неравномерности с 0,64 до 0,8, для чего потребуется увеличить электрическую нагрузку в ночное время на 1200 МВт. Это может быть осуществлено на основе стимулирования потребителей к выравниванию режима электропотребления путем перемещения части электропотребления с пика нагрузки на ночное время.

Строительство электродкотельных, которые берут на себя в ночное время теплофикационную мощность энергосистемы и выдают тепло в остальное время суток, сокращая производство электроэнергии в энергосистеме по теплофикационному режиму. Данные котельные в виде так называемых электроаккумуляционных котельных могут размещаться непосредственно у потребителей энергии или вблизи них.

Таким образом, ввод в структуру генерации ОЭС Беларуси атомной электростанции является значительным событием, которое должно сопровождаться адекватными изменениями в структуре действующей генерации в части режимных и экономических аспектов.

Литература

1. Богданович М. Выбор установленной мощности объединенной энергосистемы Беларуси // Энергетика и ТЭК. - 2012. - № 3.
2. Дмитриев Г. М., Судиловская В. В., Судиловский В. К. О развитии энергетики отраслей в народном хозяйстве Беларуси // Энергоэффективность. - 2012. - № 6, 7.
3. Кушнеров В. В. Оптимизация режимов работы энергетического оборудования Белорусской энергосистемы. Материалы семинара по энергоэффективности. - Минск, 2010.
4. Молочко Ф., Молочко А. Способы регулирования нагрузки Белорусской энергосистемы после ввода АЭС // Энергетика и ТЭК. - 2011. - № 6.
5. Сыропушинский В. М., Трутаев В. И. Белорусская АЭС и традиционная энергетика // Энергия и менеджмент. - 2009. - № 8.

УДК 621.577

ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА СТЕКЛА

Воробьев В.И., Макаренко Д.С.

Научный руководитель – д.т.н., профессор Седнин В.А.

Стекольная промышленность по технологическим параметрам получения готового продукта либо полуфабриката относится к одной из самых энергоемких, что свойственно для нее как ветви строительной индустрии. Перед государством стоит снижения энергоемкости не только строительной, но и остальных отраслей промышленности, в целях повышения конкурентоспособности конечного продукта на мировых рынках.

В этой работе мы рассматривали способы наиболее эффективного использования энергии как внутри технологического процесса, так и вне его. Процессы, происходящие в самой стекловаренной печи принимались неизменными. Другими словами, работа была проведена не для строящихся производств, а уже эксплуатируемых, с устоявшимися технологическими параметрами (удельный расход тепла на производство единицы стекла, температуры отходящий дымовых газов, стекломассы, подогрева воздуха). Стоит отметить, что такой параметр, как температура дымовых газов, в реальном процессе эксплуатации стекловаренной печи является величиной постоянно изменяющимся во времени. Так, для новой печи, температура дымовых газов на выходе будет относительно ниже по причине нулевого износа кладки печи, для печи с истекающим сроком эксплуатации – температура станет выше начальной. Для расчета была принята средняя температура за срок эксплуатации. Стекловаренная печь – регенеративная, без электрического подогрева, без барботирования стекломассы.

В таблице 1 представлены начальные данные по расчету.

Таблица 1 – Исходные данные расчета

Параметр	Значение	Размерность
Стеклосъем	720	т/сут
Температура отходящих газов стекловаренной печи	1450	°С
Температура стекломассы	1350	°С
Температура подогрева воздуха	450	°С
Удельный расход тепловой энергии на варку 1 кг стекломассы	2930	кДж/кг
Тепловая нагрузка	5	МВт
Электрическая нагрузка	3	МВт

Мы разработали несколько схем (с органическим циклом Ренкина, паровой мини-ТЭЦ и тепловыми насосами) и сравнили их с изначальной системой печь-регенератор. Полученные данные по исходной схеме, а также по предложенным схемам представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнительный анализ систем

Схема	КПД энергетический	Удельный расход тепловой энергии, кДж/кг	Покрытие тепловой нагрузки	Покрытие электрической нагрузки
Начальная (печь-регенератор)	21%	13858	0%	0%
Схема с ОРЦ без подогрева шихты	25%	13054,2	0%	68%
То же, с подогревом	23%	13858	0%	76%
Мини-ТЭЦ в теплофикационном режиме с подогревом шихты	25%	13054,2	100%	57%
Мини-ТЭЦ с тепловым насосом и с подогревом шихты	26%	13054,2	100%	52%

Литература

1. Гурина В.Н., Ревва И.Б. Расчеты печей силикатной промышленности. Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2011 – 188 с.
2. Попырин П.С. Математическое моделирование и оптимизация теплоэнергетических установок / П.С. Попырин – М.: Энергия, 1978 – 342 с.

УДК 621.577

КОМБИНИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ АГРОГОРОДКА

Королев А.В., Шевчук И.В

Научный руководитель – д.т.н., профессор Седнин В.А.

Защита климата и ресурсов являются проблемами мирового масштаба, требующими усилий по их решению на глобальном уровне.

За последние годы существенно изменились пути и технологии использования возобновляемого сырья. Глубокие исследования и разработки позволили достичь эффективного и разумного использования возобновляемых ресурсов. Доступными стали передовые технологии энергетического и промышленного использования сырья.

Биогаз и технологии его производства являются важной частью устойчивого энергоснабжения наряду с биоэнергоносителями. С точки зрения децентрализованного энергоснабжения, охраны окружающей среды и сельского хозяйства преимущества биогаза бесспорны. Из биогаза производятся не только электроэнергия и тепло, но и биометан, обладающий качествами природного газа.

Республика Беларусь благодаря значительному поголовью крупного рогатого скота, свиней и птицы обладает огромным потенциалом для использования нетрадиционных источников энергии на основе использования биологических отходов. До сих пор этот потенциал остается не востребованным, так как в стране полностью отсутствует культура вторичного использования биологических отходов. Одним из способов решения данной проблемы является использование биогазовых технологий, суть которых заключается в переработке биологических отходов в реакторе биогазовой установки без доступа воздуха. В биогазовой установке происходит переработка навоза и растительных остатков с получением горючего биогаза и высококачественного удобрения - биошлама.

Биогаз – это горючая газовая смесь, состоящая из 50–70% метана, которая образуется из органических субстанций в результате анаэробного и микробиологического процессов. Также в состав биогаза входят 30 – 40% углекислого газа и небольшие количества сероводорода, аммиака, водорода и оксида углерода.

Зачастую биогаз используется для преобразования энергии в электрическую и тепловую. С точки зрения эффективности следует выбирать получение тепловой энергии. Для этого используются практически исключительно блочные тепловые электростанции (БТЭЦ) с двигателями внутреннего сгорания, которые соединены с генератором. В качестве двигателя используются газовые двигатели Отто или газожидкостные двигатели. Последние в прошлом использовались чаще, а новые установки в двух из трех случаев оснащены газовыми двигателями Отто. Они работают по принципу Отто без дополнительного жидкого запального топлива, разница заключается только в уплотнении.

Газовые двигатели Отто – это специально разработанные для эксплуатации на газе двигатели. Двигатели для минимизации выбросов оксида азота эксплуатируются со значительно увеличенной долей воздуха. При таком режиме эксплуатации в двигатели подается меньше топлива, что ведет к уменьшению их мощности. Это компенсируется при помощи турбонагнетателя. Газовые двигатели Отто могут работать на биогазе с содержанием метана не меньше 45 %.

Газожидкостные двигатели работают по принципу дизельного двигателя. Они не всегда разработаны специально для газа и поэтому могут нуждаться в модифицировании. Биогаз в газосмесительной камере смешивается с воздухом, а затем смесь воспламеняется запальным топливом. Из-за относительно небольшого объема впрыскиваемого запального топлива форсунки впрыска недостаточно охлаждаются и возникает опасность их закоксовывания и более быстрого износа.

Двигатель Стирлинга относится к двигателям горячего газа или детандерам. Здесь поршни перемещаются в результате расширения замкнутых газов, которые расширяются

вследствие подачи энергии или тепла внешнего источника энергии. Благодаря непрерывному сжиганию двигателя Стирлинга отличаются незначительными выбросами вредных веществ и шума, а также малыми затратами на обслуживание. Электрический КПД по сравнению с обычными газовыми двигателями Отто ниже. Благодаря внешнему сжиганию к качеству биогаза предъявляются незначительные требования, поэтому могут применяться газы с незначительным содержанием метана.

Газовыми микротурбинами называют небольшие, быстроработающие газовые турбины с низкими температурами и давлениями в камере сгорания в нижнем диапазоне электрической мощности до 200 кВт. Благодаря непрерывному сжиганию с избытком воздуха и незначительными давлениями в камере сгорания газовые микротурбины отличаются значительно уменьшенными выбросами отработавших газов по сравнению с двигателями. Недостатком газовых микротурбин является относительно малый электрический КПД. Однако довольно низкое значение по сравнению с обычными биогазовыми двигателями компенсируется хорошим режимом частичной нагрузки. По сравнению с концепциями использования биогаза аналогичной мощности для двигателей инвестиционные затраты на 15 - 20 % выше.

Принцип действия топливного элемента отличается от обычных видов выработки электроэнергии из биогаза. В данном случае преобразование химической энергии в электроэнергию происходит напрямую. Топливный элемент обеспечивает высокий электрический КПД при эксплуатации почти без выбросов вредных веществ.

В ходе проведенной работы изучается, насколько можно снизить инвестиционные затраты и устранить еще возникающие технические проблемы, прежде всего при использовании биогаза.

Литература

1. Мясникович М.В., Михалевич А.А. Энергетическая безопасность Республики Беларусь: состояние и пути решения проблемы// Наука и инновации. -2005.-С. 2-11.
2. Гусаков В.Г. [и др.]. Энергоэффективность аграрного производства/ под общ. ред. академиков В.Г. Гусакова и Л.С. Герасимовича.-Минск: Беларуская навука, 2011.-775с.

УДК 621.314

ПРОГРАММА «ТЕПЛОМАГ»

Малащук А.М., Кулаков В.М.

Научный руководитель – старший преподаватель Петровская Т.А.

Изучением обогрева трубопроводов я начал практически случайно. В интернете на одном из сайтов увидел программу «ТЕПЛОМАГ». Прочитав пару строк описания, понял, что при помощи данной программы можно легко выполнить расчет по выбору нужных компонентов для системы электрообогрева труб.

В настоящее время на потребительском рынке можно встретить немало производителей оборудования и материалов для обогрева трубопроводов. Я остановил свой выбор на ССТ (Специальные системы и технологии) «Тепломаг».

Почему я выбрал именно «Тепломаг»?

«Тепломаг» - программа для расчета систем подогрева трубопроводов. Программа позволяет рассчитывать теплотери при различных параметрах трубопровода, а также подобрать необходимые нагревательные кабели и аксессуары. Данная программа позволяет компенсировать теплотери. Также можно рассчитать параметры разогрева и охлаждения труб.

Меня как проектировщика интересует в первую очередь наличие всей необходимой информации для проектирования. Для выполнения проекта по обогреву трубопровода я использовал каталог «Тепломаг», программу для расчета, руководства по эксплуатации и помощь специалистов. На все свои вопросы я получал своевременно ответы от квалифицированных специалистов, за что в копилку «Тепломаг» заносим еще один плюсик.

Итак, приступим ближе к теме.

Оборудование «Тепломаг» позволяет достичь несколько целей:

выполнить защиту трубопровода от замерзания (разогрев);

поддержание требуемой температуры трубопровода (поддержание температуры).

Как происходит обогрев трубопровода?

Прежде, чем начать проектирование системы электрообогрева трубопровода нужно понимать, как происходит обогрев трубы. Для обогрева труб изготавливают специальные нагревательные кабели, которые при прохождении по ним тока выделяют тепло. Самый простой и дешевый способ – включить нагревательный кабель в розетку и все дела. Дешевый он будет по первоначальным капиталовложениям, т.к. нам не придется тратить на вспомогательное оборудование. Возможно, в самых простейших системах обогрева так и делают. Этот не наш случай.

Для управление нагревательным кабелем устанавливают на трубу датчик температуры, который передает информацию регулятору температуры. При попадании температуры в нужный диапазон, регулятор температуры при помощи вспомогательного контактора включает либо отключает нагревательный кабель. Нагрев осуществляется лишь тогда, когда это необходимо, т.е. когда температура трубы опускается ниже допустимого значения.

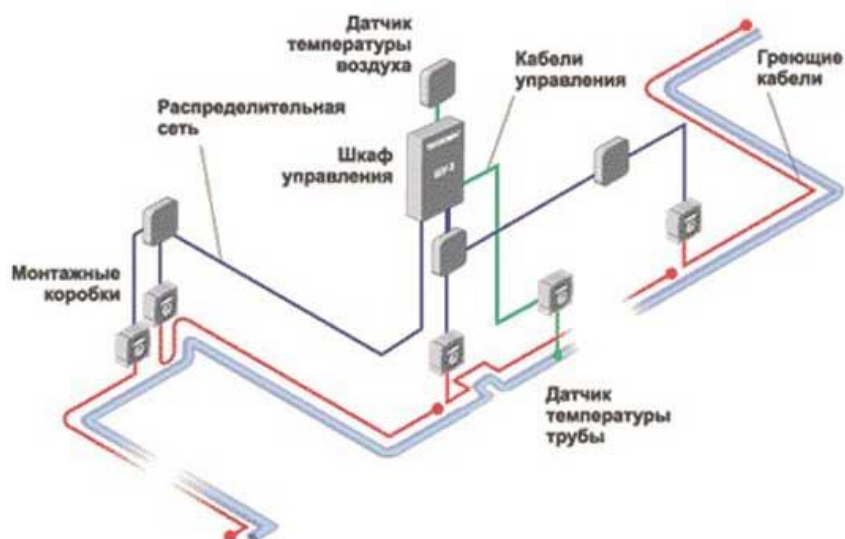


Рисунок 1 - Система промышленного обогрева труб

Весь процесс проектирования системы обогрева можно разбить на несколько этапов:

1 Сбор исходных данных.

Анализируем задание на обогрев и собираем недостающие данные. Основные характеристики — это диаметр и длина трубопровода, перекачиваемая среда, требуемая температура, изоляция трубы, наличие задвижек и опор.

2 Анализ сложности трассы.

В случае, если у вас нет ответвлений, то считайте, что вам повезло. Если же обогреваемая труба имеет ответвления, то каждый участок рассчитывают отдельно.

На этом этапе мы предварительно разбиваем наш обогреваемый трубопровод на отдельные участки. Для каждого участка будет свой нагревательный кабель.

3 Расчет и подбор оборудования.

Ниже представлен внешний вид программы «Тепломаг».

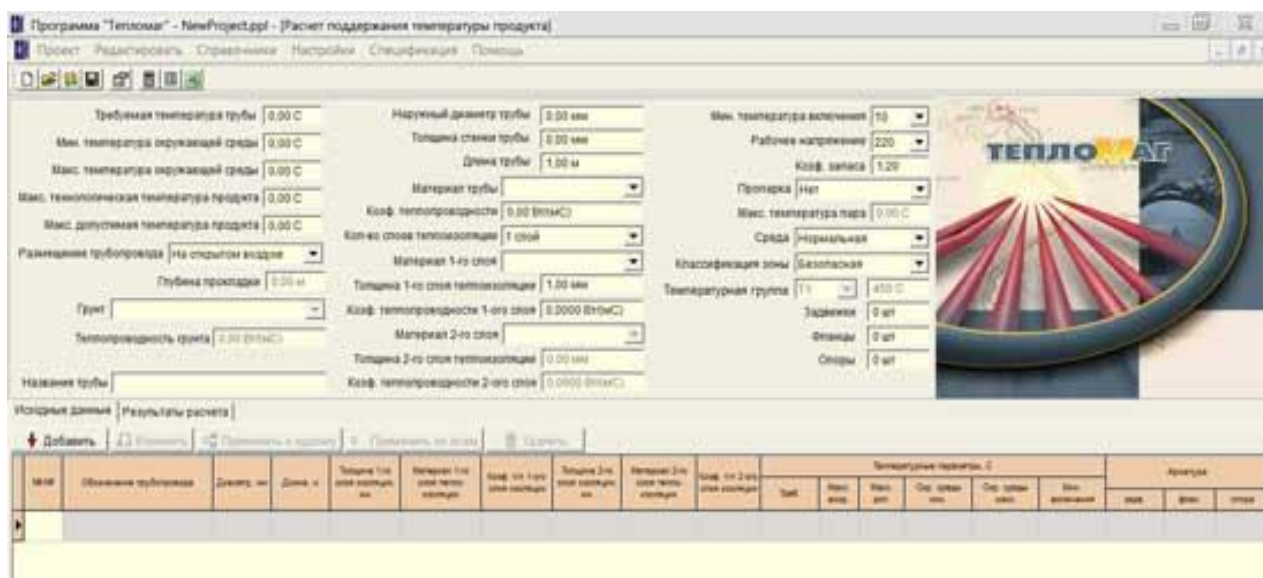


Рисунок 2 - Внешний вид программы ТЕПЛОМАГ

Создаем новый проект и выполняем расчет для каждого участка. После того как заполнили исходные данные, программа подберет оборудование и посчитает мощность и потребляемый ток нагревательной ленты. Для меня важно тип нагревательного кабеля и потребляемая мощность. Программа генерирует и спецификацию, но к ней следует относиться осторожно, лучше подобрать все вручную.

С помощью этой программы можно организовать поддержание температуры перекачиваемой жидкости, а также защитить трубопровод от замерзания. Подобным образом можно выполнить обогрев трубопроводов с использованием оборудования других производителей. Данная программа очень полезна и ей стоит пользоваться.

Литература:

1. Проектирование системы обогрева технологических трубопроводов [Электронный ресурс] - 2011 - Режим доступа: <http://220blog.ru/proektirovanie/proektirovanie-sistemy-obogreva-technologicheskogo-truboprovoda.html> - Дата доступа: 16.05.2016
2. Программа "Тепломаг" [Электронный ресурс]. - 2016. - Режим доступа: <http://www.proektant.org/index.php?topic=1078.0>. - Дата доступа: 16.5.2016.

УДК 621.577

МЕРЫ ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ТЭС.

Позднякова М.И.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Чернышев В.И.

ТЭС работают на органическом топливе, в качестве которого используют сравнительно дешевые уголь и мазут. Эти виды топлива - невозполнимые природные ресурсы. Основные энергетические ресурсы в мире сегодня - уголь (40%), нефть (27%), газ (21%). Однако этих запасов, по некоторым оценкам, хватит, соответственно, на 270, 50 и 70 лет, и это при условии, что человечество будет расходовать их с той же скоростью, что и сегодня.

Сжигание топлива на ТЭС связано с образованием продуктов сгорания, содержащих летучую золу, частицы недогоревшего пылевидного топлива, сернистый и серный ангидрид, оксиды азота и газообразные продукты неполного сгорания, а при сжигании мазута, кроме того, соединения ванадия, соли натрия, кокс и частицы сажи. В золе некоторых топлив имеется мышьяк, свободный диоксид кремния, свободный оксид кальция и др. Перевод с твердого топлива на газовое ведет к значительному удорожанию вырабатываемой энергии, не говоря уже о дефиците и того, и другого. Кроме того, это не решит проблемы загрязнения атмосферы. Перевод установок на жидкое топливо существенно уменьшает золообразование, но практически не влияет на выбросы окиси серы, так как мазуты, применяемые в качестве топлива, содержат более 2% серы. При сжигании газа в дымовых выбросах также содержится оксид серы, а содержание оксидов азота не меньше, чем при сжигании угля.

Так как не хватает качественного топлива, ТЭС работают на низкосортном. В процессе сгорания такого топлива образуются загрязняющие вещества, которые выводятся в атмосферу с дымом и попадают в почву с золой. Помимо того, что эти выбросы неблагоприятно влияют на окружающую среду, продукты сгорания вызывают выпадение кислотных осадков и парниковый эффект, который грозит нам засухами.

Кроме того, происходит значительное тепловое загрязнение водоемов при сбрасывании в них теплой воды, что сопутствует цепным природным реакциям: зарастанию водоемов водорослями, нарушению кислородного баланса, что создает угрозу для жизни обитателей рек и озер. Основными факторами воздействия ТЭС на гидросферу являются выбросы теплоты, следствием которых могут быть: постоянное локальное повышение температуры в водоеме; временное повышение температуры; изменение условий ледостава, зимнего гидрологического режима; изменение условий паводков; изменение распределения осадков, испарений, туманов.

На ТЭС с охлаждающей водой сбрасывается от 4 до 7 кДж теплоты на каждый 1 кВт·ч выработанной электроэнергии. По санитарным нормам тепловые сбросы не должны повышать собственную температуру водоема более чем на 5° в зимнее время и 3° в летнее.

Источниками загрязнения атмосферы являются производственные стоки и выбросы продуктов сгорания. К сточным водам ТЭС относятся следующие воды: содержащие нефтепродукты, после обмывки поверхностей нагрева паровых котлов, сбросные после установок химической очистки, консервации и промывок оборудования, а также систем гидрозолоудаления.

Количество сточных вод, содержащих нефтепродукты, не зависит от мощности станции и типа оборудования, хотя при использовании жидкого топлива оно несколько выше, чем для ТЭС на твердом топливе. В то же время в основном количество их зависит от качества монтажа и эксплуатации оборудования электростанции.

Совершенствование конструкции оборудования, тщательное соблюдение правил его эксплуатации позволяют снизить до минимальных значений количество поступающих в сточные воды нефтепродуктов, а применение различного типа ловушек и отстойников позволяет исключить их попадание в окружающую среду.

Загрязняющие примеси выбросов электростанций воздействуют на биосферу района расположения предприятия, подвергаются различным превращениям и взаимодействиям, а также осаждаются, вымываются атмосферными осадками, поступают в почву и водоемы. Кроме основных компонентов, образующихся в результате сжигания органического топлива (углекислого газа и воды), выбросы ТЭС содержат пылевые частицы различного состава, оксиды серы, оксиды азота, фтористые соединения, оксиды металлов, газообразные продукты неполного сгорания топлива. Их поступление в воздушную среду наносит большой ущерб, как всем основным компонентам биосферы, так и предприятиям, объектам городского хозяйства, транспорту и населению городов. Наличие пылевых частиц, оксидов серы обусловлено содержанием в топливе минеральных примесей, а наличие оксидов азота – частичным окислением азота воздуха в высокотемпературном пламени.

Наиболее высокой биологической активностью обладает диоксид азота, который оказывает раздражающее действие на дыхательные пути и слизистую оболочку глаза. Также большую экологическую опасность для человека представляют тяжелые металлы. Попадая в организм в больших количествах, в течение короткого времени они могут вызвать острое отравление, а при хроническом воздействии малых доз в течение продолжительного времени может проявиться канцерогенное действие мышьяка, хрома, никеля и т.д. При пересчете на смертельные дозы в годовых выбросах ТЭС мощностью 1 млн. кВт содержится алюминия и его соединений свыше 100 млн. доз, железа – 400 млн. доз, магния – 1,5 млн. доз. Предельно допустимой признана такая концентрация, которая не оказывает на человека прямого или косвенного вредного и неприятного действия, не снижает работоспособности, не влияет на его самочувствие или настроение. При косвенном действии учитывалось влияние загрязняющих веществ на микроклимат и зеленые насаждения. Распространение перечисленных выбросов в атмосферу зависит от рельефа местности, скорости ветра, перегрева их по отношению к температуре окружающей среды, высоты облачности, фазового состояния осадков и их интенсивности. Взаимодействие выбросов с туманом приводит к образованию устойчивого сильно загрязненного мелкодисперсного облака – смога, наиболее плотного у поверхности земли. Одним из видов воздействия ТЭС на атмосферу является все возрастающее потребление воздуха, необходимого для сжигания топлива.

Нужно сказать, что воздействия ТЭС на окружающую среду значительно отличаются по видам топлива. Наиболее «чистое» топливо для тепловых электростанций – газ, как природный, так и получаемый при переработке нефти или в процессе метанового брожения органических веществ. Наиболее «грязное» топливо – горючие сланцы, торф, бурый уголь. При их сжигании образуется больше всего пылевых частиц и оксидов серы. Хотя в настоящее время значительная доля энергии производится за счет относительно чистых видов топлива (газ, нефть), но закономерной является тенденция уменьшения их доли. По имеющимся прогнозам, эти энергоносители потеряют свое ведущее значение уже в первой четверти XXI столетия. Не исключена вероятность существенного увеличения в мировом энергобалансе использования угля. По имеющимся расчетам, запасы углей таковы, что они могут обеспечивать мировые потребности в энергии в течение 200-300 лет. Возможная добыча углей, с учетом разведанных и прогнозных запасов, оценивается более чем в 7 триллионов тонн. При этом более 1/3 мировых запасов углей находится на территории России. Поэтому закономерно ожидать увеличения доли углей или продуктов их переработки (например, газа) в получении энергии, а, следовательно, и в загрязнении среды. Угли содержат от 0,2 до десятков процентов серы в основном в виде пирита, сульфата закисного железа и гипса. Для соединений серы существуют два подхода к решению проблемы минимизации выбросов в атмосферу при сжигании органических топлив:

- 1) очистка от соединений серы продуктов сгорания топлива (сероочистка дымовых газов);
- 2) удаление серы из топлива до его сжигания.

К настоящему времени по обоим направлениям достигнуты определённые результаты. В числе достоинств первого подхода следует назвать его безусловную эффективность – удаляется до 90-95% серы – возможность применения практически вне зависимости от вида топлива. К недостаткам следует отнести большие капиталовложения. Энергетические потери для ТЭС, связанные с сероочисткой, ориентировочно составляют 3-7%. Основным преимуществом второго пути является то, что очистка осуществляется независимо от режимов работы ТЭС, в то время как установки по сероочистке дымовых газов резко ухудшают экономические показатели электростанций за счёт того, что большую часть времени вынуждены работать в нерасчётном режиме. Установки же по сероочистке топлив можно всегда использовать в номинальном режиме, складывая очищенное топливо.

Проблема снижения выбросов окислов азота ТЭС серьёзно рассматривается с конца 60-х годов. В настоящее время по этому вопросу уже накоплен определённый опыт. Методы: 1) уменьшение коэффициента избытка воздуха (так можно добиться снижения содержания окислов азота на 25-30%, уменьшив коэффициент избытка воздуха с 1,15 - 1,20 до 1,03); 2) разрушение окислов до нетоксичных составляющих.

Для уменьшения концентрации загрязняющих соединений в приземном слое воздуха котельные ТЭС оборудуют высокими, до 100-200 и более метров, дымовыми трубами. Но это приводит также к увеличению площади их рассеивания. В результате крупными промышленными центрами образуются загрязнённые области протяженностью в десятки, а при устойчивом ветре – в сотни километров.

Несомненно, что в ближайшей перспективе тепловая энергетика будет оставаться преобладающей в энергетическом балансе мира и отдельных стран. Велика вероятность увеличения доли углей и других видов менее чистого топлива в получении энергии. В этой связи изучим некоторые пути и способы их использования, позволяющие существенно уменьшать отрицательное воздействие на среду. Эти способы базируются в основном на совершенствовании технологий подготовки топлива и улавливания загрязняющих выбросов. Важно помнить на каждой стадии проектирования новой ТЭС, что взаимодействие энергетического предприятия с окружающей средой происходит на всех стадиях добычи и использования топлива, преобразования и передачи энергии. Тепловой электростанцией активно потребляется воздух. Образующиеся продукты сгорания передают основную часть теплоты рабочему телу энергетической установки, часть теплоты рассеивается в окружающую среду, а часть - уносится с продуктами сгорания через дымовую трубу в атмосферу, и эти продукты сгорания содержат оксиды азота, углерода, серы, углеводороды, пары воды и другие вещества в твердом, жидком и газообразном состояниях, которые наносят вред не только нам, людям, но и природе.

Литература

1. Тепловые и атомные электрические станции: Учебник для вузов/ Л.С. Стерман, В.М. Лавыгин, С.Г. Тишин - М.: Энергоатомиздат, 1995;
2. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции. Учебник для вузов по специальности «Тепловые электрические станции». М., «Энергия», 1976;

УДК 621.577

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ НА ТЭЦ

Иванова О.А., Скицунова И.А.

Научный руководитель – м.т.н. Бобич А.А.

Тепловые насосы являются сегодня признанным энергоэффективным и экологически чистым теплогенерирующим оборудованием, срок службы которого составляет 20 - 25 лет.

Тепловым насосом называется техническое устройство, реализующее процесс переноса низкотемпературной теплоты, не пригодной для прямого использования, на более высокотемпературный уровень.

В настоящее время определились два основных принципиальных направления в развитии тепловых насосов:

1. Парокомпрессионные тепловые насосы (ПКТН).
2. Абсорбционные тепловые насосы (АБТН).

Абсорбционный тепловой насос — устройство непрерывного действия, предназначенное для передачи тепловой энергии от источника с более низкой температурой к источнику с более высокой температурой.

Абсорбционные установки обратного цикла уступают по энергетическим характеристикам парокомпрессионным машинам, но если последним для работы требуется энергетически и экономически более ценная механическая энергия, то первые могут использовать дешёвую тепловую энергию отборов паровых турбин, утилизационных котлов энергии выхлопных газов газовых двигателей внутреннего сгорания, вторичных энергоресурсов.

В простейшем случае АБТН представляет собой сочетание четырёх теплообменников, размещённых в одном интегрированном корпусе, рис.1.

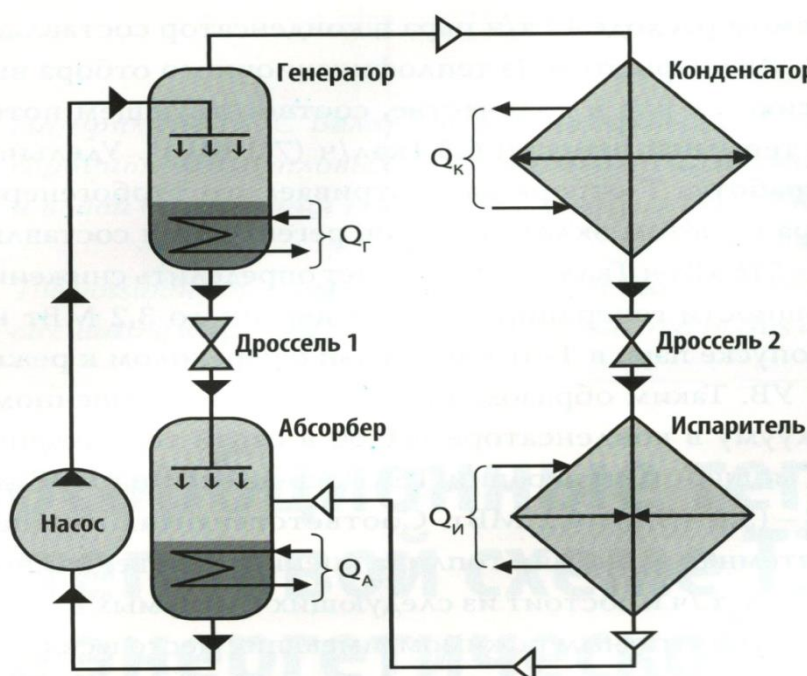


Рисунок 1 - Принципиальная схема простейшей АБХМ обратного цикла (Q_G , Q_I -подводимая теплота в генераторе от греющего теплоносителя и в испарителе от охлаждаемого теплоносителя; Q_K , Q_A -подводимая теплота в конденсаторе и абсорбере к нагреваемому теплоносителю)

Схема реального АБТН несколько сложнее, что связано с регенерацией, повышающей энергетическую эффективность установки, из-за чего несколько увеличивается число теплообменников и сложность схемы.

Эффективность АБТН во многом зависит от температурного диапазона, в котором он эксплуатируется: чем уже последний, тем выше энергетические показатели установки.

Рассматривается использование тепловых насосов (ТН), использующих потоки рассеяния тепловой энергии для нагрева сетевой воды на ТЭЦ.

Возникает вопрос, что более рационально: использование ПКТН, требующего внешний источник дорогой электроэнергии для привода, или АБТН, потребляющего на привод тепловую энергию?

Для ответа на поставленный вопрос рассмотрим простейший вариант применения ТН обоих типов на ТЭЦ.

Для привода ПКТН используется электроэнергия, для привода АБТН — пар из регенеративного отбора.

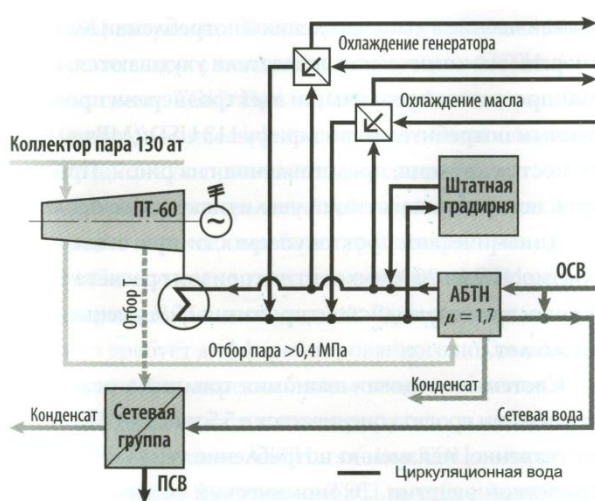


Рисунок 2. Принципиальная схема интеграции АБТН в тепловую схему ТЭЦ

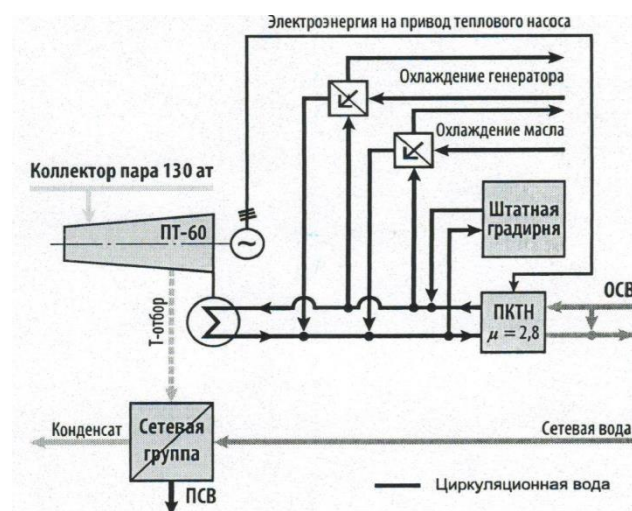


Рисунок 3. Принципиальная схема включения ПКТН в тепловую схему ТЭЦ

Вариант с АБТН

Минимально допустимый расход пара в конденсатор турбины ПТ-60 составляет 12 т/ч, соответственно величина утилизируемого потока составляет 6,2 Гкал/ч. На потоке циркуляционной воды, охлаждающей конденсатор, устанавливается АБТН с коэффициентом преобразования 1,7. Для его привода используется тепловая энергия в виде пара из регенеративного отбора в количестве 8,8 Гкал/ч ($6,2 / (1,7 - 1)$), а отпуск тепловой энергии составляет 15 Гкал/ч ($6,2 + 8,8$), что необходимо потребителю. На потоке пара, требуемого на привод АБТН из регенеративного отбора, и потоке пара в конденсатор в турбогенераторе вырабатывается электроэнергия с удельной выработкой соответственно 362 и 687 кВт·ч/Гкал. На основании приведённых данных определяется мощность генерации электроэнергии указанных потоков пара:

- на потоке пара в регенеративный отбор генерируется поток электроэнергии мощностью $362 \times 8,8 / 1000 = 3,2$ МВт;

- на потоке пара в конденсатор — $687 \times 6,2 / 1000 = 4,2$ МВт.

Суммарная мощность генерации указанных потоков равна 7,4 МВт.

Вариант с ПКТН

ТН устанавливается на том же потоке циркуляционной воды, что и в варианте с АБТН с коэффициентом преобразования 2,8. Для привода ТН используется электроэнергия от турбогенератора, мощность потока потребления которой составляет 4,0 МВт ($(6,2 / (2,8 - 1))$

х 1,163). Отпуск тепловой энергии от ТН соответствует величине 9,6 Гкал/ч ($6,2 + 3,4$). Недостающее количество тепловой энергии, необходимой потребителю, в объёме 5,4 Гкал/ч ($15 - 9,6$) отпускается из Т-отбора, который характеризуется удельной выработкой 516 кВт·ч/Гкал. Определяем мощность потоков электроэнергии, генерируемой в турбогенераторе на соответствующих потоках пара:

- поток в Т-отбор — 2,8 МВт ($516 \times 5,4 / 1000$);
- поток в конденсатор — 4,2 МВт ($687 \times 6,2 / 1000$).

Суммарная мощность генерации за вычетом нужд ТН составляет 3,0 МВт ($2,8 + 4,2 - 4,0$).

В обоих вариантах мощность турбогенератора снижается, и соответствующее количество электроэнергии вырабатывается другими системными конденсационными источниками, парогазовыми блоками (ПГУ).

Из анализа полученных результатов следует, что на основании критерия системной экономии топлива эффективен только вариант с установкой абсорбционного теплового насоса.

Принципиальные схемы интеграции ТН в тепловую схему ТЭЦ приведены на рис. 2 и 3.

Экологическая эффективность применения тепловых насосов выражается в их возможности сокращать при работе одновременно физическое и химическое загрязнение окружающей среды.

Основным показателем экологической эффективности ТН является сокращение объемов выбросов загрязняющих веществ с дымовыми газами, т.е. тепловые насосы оказывают меньшую нагрузку на окружающую среду. При этом основным для экономической оценки экологической эффективности является учет выбросов оксида углерода как антропогенного парникового газа, которые составляют около 1700 кг при сжигании природного газа объемом 1 т у.т.

Из известных способов экономической оценки сокращения выбросов с дымовыми газами для практического применения можно рассматривать плату по действующим ставкам налога на выбросы загрязняющих веществ в окружающую среду (экологический налог) и механизм торговли квотами.

Литература

1. Гельперин Н.И. Тепловой насос / Гельперин Н.И. // Госнаучтехиздат, Ленхимсектор — Л.: — 1931.
2. Жидович И.С. Применение тепловых насосов в системах теплоснабжения и горячего водоснабжения многоквартирного жилого фонда на принципах энергосбережения / Жидович И.С. // Энергосбережение. — Минск — 2014.
3. Попырин Л. С., Дильман М. Д. Эффективность технического перевооружения ТЭЦ на базе парогазовых установок // Теплоэнергетика. — 2006. — № 2. — С. 34–39.
4. Потапова, А. А. Применение тепловых насосов в системе теплоснабжения промышленного предприятия и города / А. А. Потапова, И. А. Султангузин // Металлург. — № 9. — 2010.
5. Романюк, В. Н. Развитие энергосбережения на базе инновационной технологии абсорбционных тепловых насосов / В. Н. Романюк, А. А. Бобич, Д. Б. Муслина, Н. А. Коломыцкая, Т. В. Бубырь, С. В. Мальков // Энергоэффективность. — № 2. — 2013. — С. 28–31.
6. Романюк, В. Н. Абсорбционные тепловые насосы в тепловой схеме ТЭЦ для повышения её энергетической эффективности / В. Н. Романюк, Д. Б. Муслина, А. А. Бобич, Н. А. Коломыцкая, Т. В. Бубырь, С. В. Мальков // Энергия и Менеджмент. — № 1. — 2013. — С. 14–19.
7. Романюк, В. Н. Абсорбционные тепловые насосы в теплоэнергетических системах промышленных предприятий для снижения энергетических и финансовых затрат / В. Н. Романюк, Д. Б. Муслина, А. А. Бобич, Н. А. Коломыцкая, Т. В. Бубырь, С. В. Мальков // Энергия и Менеджмент. — № 2. — 2013. — С. 4–9.
8. Романюк, В. Н. Абсорбционные тепловые насосы на ТЭЦ Белорусской ОЭС на примере Мозырской ТЭЦ / В. Н. Романюк, А. А. Бобич // Энергия и Менеджмент. — № 1. — 2015. — С. 4–11.

УДК 661.577

СИСТЕМА УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ ТРУБОПРОКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Шевчук И.В., Королев А.В.

Научный руководитель – д.т.н., профессор Седнин В.А.

Перспективными направлениями совершенствования энергоиспользования в металлургических производствах является энерготехнологическое комбинирование и утилизация побочных энергетических потоков. В основе построения подобных технологических схем лежит организация органической увязки технологических процессов с выработкой энергоносителей на базе совмещения технологической и энергетической функций технических объектов. Вопросам утилизации побочных продуктов уделяется значительное внимание, однако, из-за ряда объективных причин до настоящего времени они остаются проблемными. В тоже время появление на мировом рынке энергетической техники новых установок для использования низкопотенциальных энергетических потоков позволяет пересмотреть ряд старых подходов.

В ходе исследования проведен анализ технологических схем нескольких металлургических производств с целью определения характеристик технологических установок как источников побочных энергетических ресурсов и разработана схема утилизации теплоты в трубопрокатном производстве.

После прокатки трубы на редуционно-растяжном стане она направляется на холодильник с температурой около 950°C для охлаждения естественным способом. Предполагается установка раздвижной конструкции над холодильником, на которой будут закрепляться приемники лучистой энергии.

Первый возможный вариант данной установки предполагает прямое преобразование лучистой энергии раскаленного металла в электроэнергию с помощью фотоэлектрических преобразователей (фотоэлементов). Это могут быть такие же фотоэлементы, которые используются для выработки электроэнергии на солнечных электростанциях, однако фотоэлементы работают только в диапазоне видимого излучения, а труба испускает излучение в инфракрасном спектре.

Второй вариант является наиболее простым и эффективным. Он предполагает установку вместо фотоэлементов параболоцилиндрического зеркала, в фокальной плоскости у которого будет расположена трубка, по которой под давлением будет прокачиваться термомасло. Зеркало фокусирует лучи на трубке, масло нагревается и в теплообменнике отдает свою энергию воде. Данный теплообменник можно назвать своеобразным котлом-утилизатором, только в данном случае греющим теплоносителем является термомасло, тогда как в классическом случае это дымовые газы (технологические или же после газовой турбины). Полученный из воды пар направляется в паровую турбину, которая и вырабатывает электроэнергию. Данная установка имеет ограничения по максимальной температуре термомасла, она составляет 400°C , при большей температуре оно начинает разлагаться.

Основную сложность в ходе работы над диссертацией представляет расчет процесса теплообмена между металлом и концентратором, так как методика для него отсутствует.

Литература

1. Тимошпольский В. И., Герман М. Л., Менделев Д. В. Обзор основных направлений модернизации печного парка и совершенствование технологий нагрева и термической обработки слитков и заготовок в условиях современного машиностроительного предприятия // Литье и металлургия. 2007. № 4. С. 54–62.
2. Казанцев Е.И. Промышленные печи. Справочное руководство для расчетов и проектирования. М.: Металлургия, 1975. – 367 с.

УДК 519.876.5

СИСТЕМА КОМПАС-3D

Логоненков Р.А.

Научный руководитель – аспирант Матявин А.А.

Система КОМПАС-3D предназначена для создания трехмерных ассоциативных моделей отдельных деталей и сборочных единиц, содержащих как оригинальные, так и стандартизованные конструктивные элементы. Параметрическая технология позволяет быстро получать модели типовых изделий на основе однажды спроектированного прототипа.

Программа является уникальным комплексным продуктом от компании "АСКОН", позволяющая наиболее оптимально сконструировать любую твердотелую модель. Эта разработка возлагает на себя всю рутинную деятельность архитекторов, проектировщиков и инженеров, увеличивая эффективность труда в несколько раз.

Вместе с созданием трехмерной конструкции, возможно получать самые различные расчеты. Основываясь на этих цифрах, программа сама предоставляет нужную отчетность. Это стало возможным благодаря большой библиотеке собранных формул. Программе доступны абсолютно все виды документации, даже если они предоставляются иностранным заказчикам или применяются на предприятиях, где давно сложилась нестандартная форма отчетности.

Моделирование изделий в КОМПАС-3D можно вести как: "снизу вверх" (используя готовые компоненты), так и "сверху вниз" (проектируя компоненты в контексте конструкции), опираясь на компоновочный эскиз (например, кинематическую схему), либо смешанным способом. Благодаря такому подходу обеспечивается легкая модификация получаемых моделей.

Специализированное приложение для КОМПАС-3D, предназначенное для автоматизации процесса трехмерного моделирования электрических кабелей и жгутов, а также для выпуска конструкторской документации на эти изделия

Специализированное приложение для системы КОМПАС-3D, предназначенное для автоматизации типовых работ по проектированию трубопроводов. Библиотека предназначена для использования в области машиностроения и при проектировании инженерных сетей.

Преимущества и недостатки Компас 3D

- + Система легка для изучения, особенно конструкторами без опыта работы в 3D
- + Наличие обширных библиотек стандартизованных по ГОСТ элементов
- + Легко достать, распространяется бесплатная учебная версия
- + Относительно удобный и несложный для обучения интерфейс
- Затруднено последующее переучивание на другие системы, особенно «тяжёлые»
- Система развивается крайне медленно
- Систему трудно и дорого модифицировать под свои нужды
- Иногда возникают проблемы с импортированием моделей из других CAD

Литература

1. Слепова С. В., Шахина М. А. Система автоматизированного проектирования "Компас-3D" (мультимедийный курс лекций) // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 3—2. С. 207—208.
2. Сторчак Н. А. Применение системы «Компас-3D» в преподавании инженерных дисциплин // Наукові нотатки, 2013. № 43. С. 206—209.

УДК 620.92

СОЛНЕЧНЫЕ КОЛЛЕКТОРЫ

Олешко Ю.С., Черехович О.В., Царик Е.В.

Научный руководитель – доцент Мигуцкий И.Е.

Солнечный коллектор — устройство для сбора тепловой энергии Солнца (гелиоустановка), переносимой видимым светом и ближним инфракрасным излучением. В отличие от солнечных батарей, производящих непосредственно электричество, солнечный коллектор производит нагрев материала-теплоносителя. Максимальная производительность коллекторов приходится на тёплое время года, что делает удобным их использование для обеспечения горячей водой загородных коттеджей или небольших гостиничных комплексов. Размещают их, как правило, на крышах строений.

Система нагрева воды представляет собой трубчатый замкнутый контур, по которому циркулирует теплоноситель. Из коллектора горячий теплоноситель, поступает в бойлер. В бойлере происходит теплообмен. Находящаяся в нём вода, для водоснабжения, нагревается, а теплоноситель остывает. Остывший теплоноситель перетекает в накопительный бак. Из накопительного бака в коллектор, для последующего нагрева. Накопительный бак играет роль некоего аккумулятора горячей воды, что позволяет осуществлять нагрев, воды для хозяйственных нужд, в ночное время.

По сути, воздушный солнечный коллектор – это всего-навсего металлический ящик, причем его «лицевая крышка» выполнена из закаленного стекла (или из сотового поликарбоната). Внутри расположен главный элемент любого коллектора – абсорбер, теплопоглощающий блок. Он «отвечает» за нагрев теплоносителя (воды или же антифриза), и именно по типу абсорбера классифицируются все эти устройства. Внутри этого модуля циркулирует жидкость, которая нагревается под действием солнечных лучей, а затем передает накопленную энергию в контур водоснабжения.

Наружная поверхность абсорбера должна быть обязательно выкрашена черной матовой краской. Это необходимо для того, чтобы увеличить светопоглощение, а значит, и нагрев теплоносителя. Причем очень часто он обрабатывается дополнительным составом, который сводит к минимуму отражение солнечных лучей. Все это приводит к тому, что воздушные солнечные коллекторы могут поглощать до 99% лучей, преобразуя их в полезную энергию

В большинстве своём это большой металлический ящик с плоской стеклянной крышкой. Абсорбер (поглотитель) – главный рабочий элемент плоского коллектора. От возможности абсорбера вобрать как можно больше тепловой энергии Солнца, зависит эффективность работы коллектора. В качестве абсорбера используют металлические пластины, выкрашенные в чёрный цвет. Металл очень хорошо проводит тепло, а чёрный цвет обладает малой отражающей способностью. Под пластинами абсорбера, в плотном контакте, находятся трубки с теплоносителем. Дно и бока коллектора покрываются теплоизолирующими материалами. Стеклянная крышка делается из нескольких слоёв, что тоже снижает теплопотери. Для уменьшения отражающего эффекта верхнее стекло делается матовым.

Максимальная эффективность работы коллектора получается при попадании на него солнечных лучей под углом в 90°. Чтобы сделать это наиболее возможным применяются трубчатые коллекторы. Состоят они из нескольких десятков, запаянных стеклянных труб, внутри которых находится абсорбер. Для фокусировки солнечных лучей, задняя стенка труб делается зеркальной. В трубах создаётся вакуум, значительно снижая теплопотери. Теплопроводность вакуума настолько мала, что позволяет работать коллектору при отрицательных температурах. Не прекращает работать коллектор и в пасмурные дни из-за возможности вакуумных труб поглощать инфракрасное излучение, которое облака не задерживают.

Самым распространённым и недорогим теплоносителем является вода. При минусовых температурах она замерзает, и используется в коллекторах, работающих в летнее время.

Можно использовать незамерзающие жидкости типа антифриз. Это водные растворы, с какой-либо спиртосодержащей жидкостью. Лучшим теплоносителем является масло. У масла большая теплоёмкость, низкая температура замерзания и высокая температура кипения. Эти качества, как нельзя лучше, отвечают требованиям к теплоносителям. Недостатком такого теплоносителя является повышенная вязкость. Поэтому, чтобы использовать масло, необходимо подключение насоса, который будет обеспечивать равномерную циркуляцию теплоносителя по коллектору. По стоимости трубчатые коллекторы примерно в два раза дороже плоских, но значительно эффективней. Необходимые размеры коллектора берутся из расчёта 1,5 м² на одного пользователя горячим водоснабжением. Исходя из этого, можно определиться для чего, где и какой коллектор нужно устанавливать.

Солнечные коллекторы компании Viessmann

В Беларуси продажей и реализацией солнечных коллекторов занимается компания Viessmann, которая производит 2 типа плоских коллекторов типа Vitosol 100-F и Vitosol 200-F и трубчатые коллекторы типа Vitosol 300-T SP3B.

Плоские коллекторы типа Vitosol 100-F и Vitosol 200-F

Эти мощные плоские коллекторы позволяют экономить в среднем в год 60 процентов энергии, необходимой для приготовления горячей воды. Причем благодаря солнечной энергии в комбинации с конденсационным котлом обеспечивается экономия более трети общегодовой энергии.

Преимущества использования:

- Плоские солнечные коллекторы с высокоэффективным титановым покрытием.
- Контроллеры Vitosolic для установок с подогревом воды двумя источниками - солнечными коллекторами и водогрейным котлом.
- Большой коэффициент использования с помощью абсорбера с высокоселективным покрытием, встроенной системы труб и высокоэффективной теплоизоляции.
- Модели абсорберов для горизонтального (SH1A, SH1B) или вертикального (SV1A, SV1B) монтажа.
- Быстрый монтаж с помощью гибких трубных соединений. Штекерная система позволяет соединить коллекторы между собой в группы до десяти штук.

Трубчатые коллекторы типа Vitosol 300-T SP3B.

Эффективное использование солнечного тепла - поглотитель с высокоизбирательным покрытием, усваивая особенно много солнечной энергии, обеспечивает высокий КПД. Особо эффективная теплоизоляция обеспечивается при этом за счет вакуума в трубках. В результате между стеклянными трубками и поглотителем практически отсутствуют потери – и коллектор способен преобразовывать даже малое количество солнечной энергии в полезное тепло. Особенно в переходный сезон и в зимние месяцы, при низких наружных температурах вакуумные трубчатые коллекторы особенно эффективно используют имеющуюся инсоляцию.

Преимущества использования:

- Очень высокая мощность за счет вакуумных трубок из антиотражательного стекла.
- Вакуумный трубчатый коллектор, работающий по принципу тепловой трубы, с автоматической функцией отключения при достижении заданной температуры для максимальной эксплуатационной надежности
- Повышение мощности за счет вращаемых трубок

- Постоянно высокая мощность без риска загрязнения
- Простой и быстрый монтаж

Вакуумные трубки из антиотражательного стекла и используемые материалы самого высокого качества обеспечивают превосходные показатели мощности. Этому способствует также высокоэффективная теплоизоляция из меламиновой смолы в корпусе коллектора.

Данный коллектор использует в своей работе принцип тепловой трубы.

Теплоноситель гелиоконтур не поступает напрямую в трубки. Вместо этого основной теплоноситель испаряется в тепловой трубе под поглотителем и отдает тепло через двухтрубный теплообменник Duotec теплоносителю гелиоконтур. Теплообменник особенно эффективно отбирает тепло и отдает его протекающему теплоносителю.

УДК. 697.34

ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ИЗОЛИРОВАННЫЕ ТРУБЫ

Османов К.О.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Чернышев В.И.

Невозможно переоценить значение теплоизоляции. Одной из наиболее важных ее функций является повышение энергоэффективности. Правильная изоляция труб также необходима для продления срока эксплуатации и безопасности для окружающей среды. Изоляционный слой защищает стальные трубы от коррозии. В некоторых странах прокладка неизолированных труб вообще запрещена, так как отсутствие теплоизоляции (либо некачественная теплоизоляция) приводит к большим потерям тепла – понижению температуры теплоносителя на десятки градусов.

Основными требованиями к материалам, используемым для теплоизоляции труб, являются:

- низкий коэффициент теплопроводности;
- широкий температурный диапазон использования (устойчивость к резким температурным перепадам);
- паропроницаемость;
- воздухонепроницаемость
- устойчивость к вибрации и др. механическим воздействиям.

В зависимости от используемого материала, трубы изолируются тремя основными способами:

- нанесение теплоизоляционного слоя на смонтированные трубы (напыление ППУ);
- монтаж теплоизоляционных скорлуп (минвата, ППУ и др.);

предизоляция труб.

Предизоляция труб по принципу «труба в трубе» в основном осуществляется с использованием пенополиуретана. Российский и зарубежный опыт доказал высокую эффективность использования предварительной изоляции с помощью ППУ.

Преимущества труб с изоляцией из пенополиуретана по сравнению с традиционными трубами:

- легкость и быстрота монтажа;
- долгий срок эксплуатации (30 лет в среднем);
- сокращение затрат на прокладку теплотрасс;
- сокращение расходов на обслуживание теплотрасс.

Преимущества применения данного материала являются такие качества, как низкая теплопроводность и малое влагопоглощение. Пенополиуретаном обрабатываются как металлические, так и полимерные трубы. Технология изоляции труб ППУ заключается в следующем: трубы тщательно очищаются и высушиваются. Затем, при необходимости (в случае если это металлическая труба), на трубу наносится антикоррозийное покрытие. ППУ заливается в межтрубное пространство – полость между трубой и защитной оболочкой, выполненной из полиэтилена.

Однако, в случае если температура транспортируемой среды превышает допустимую для ППУ, то возможна предварительная изоляция труб минватой. Трубы с изоляцией из минваты, покрытые оцинкованной гидрозащитной оболочкой выдерживают температуру теплоносителя до +250 градусов Цельсия.

Эффективной является технология предварительной изоляции труб с использованием ППМ - пенополимерминеральной изоляции. Изоляция ППМ изготавливается с добавлением кварцевого песка (либо других минеральных наполнителей). Основным достоинством ППМ изоляции является хорошая паропроницаемость. Пенополиминеральная изоляция не требует

нанесения на металлическую трубу антикоррозийного слоя, а также внешней защитной полиэтиленовой оболочки.

Однако, как показал опыт, методу предварительной изоляции ППУ трудно найти альтернативу. Высокая стоимость использования полимеров для предизоляции труб не может рассматриваться как недостаток, т.к. увеличивает срок эксплуатации на десятки лет, и нет необходимости в регулярной профилактике и ремонте на протяжении всего срока эксплуатации. Легкость при изготовлении и транспортировке – безусловное преимущество этого способа теплоизоляции. Обязательным требованием при эксплуатации предизолированных труб это – постоянный контроль над процессом увлажнения, для которого необходима установка электронной системы контроля.

Предварительная изоляция труб пенополиуретаном предусматривает еще он эффективный метод. Это – метод безоболочной ППУ изоляции. Технология заключается в следующем: ППУ заливается в межтрубное пространство с использованием специальных съемных форм. Данный метод позволяет не использовать внешний защитный слой. Безоболочная ППУ изоляция покрывается не полиэтиленовым, а «интегральным» слоем уплотненного ППУ. Преимуществом «интегрального» слоя в сравнении с полиэтиленовым слоем является его паропроницаемость.

Монолитная конструкция «труба в трубе» отличается от других систем высоким качеством и надежностью. С экономической точки зрения, дополнительные расходы на предварительную изоляцию полностью оправдывает многократное продление срока эксплуатации труб.

Литература

1. Водяные тепловые сети: Справочное пособие по проектированию. /Под ред. Н.К. Громова, Е.П. Шубина, - М.: Энергоиздат, 1988. – 376 с.
2. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: Учебник для вузов. –М.: Энергоиздат, 1982. –360 с.

УДК 620.92

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ВЛАЖНОГО ВОЗДУХА

Бойко Е.Г.

Научный руководитель – д.т.н., профессор Романюк В.Н.

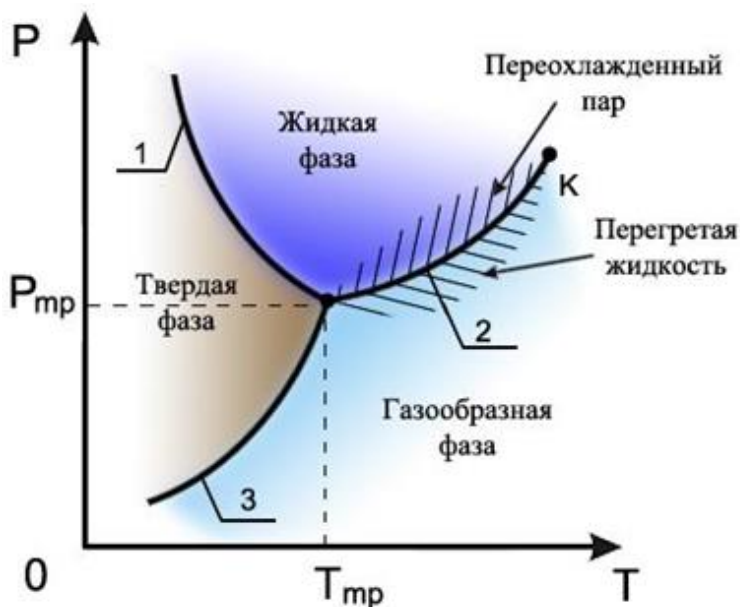
Влажный воздух – бинарная смесь водяных паров и сухой компоненты.

Влажный воздух в рассматриваемом диапазоне параметров рассматривается как смесь идеальных газов. К сухой компоненте влажного воздуха соотношения идеального газа применимы во всем диапазоне параметров. В отношении водяных паров, прежде всего, требуется учитывать законы фазового равновесия. Расчетные зависимости для описания свойств водяных паров предлагаются следующие: в области, соответствующей системе уравнений МАСП использовать имеющийся пакет прикладных программ, составленный на их основе. В области, выходящей за диапазон системы уравнений МАСП (международная ассоциация свойств воды и пара), а это давление ниже давления основной тройной точки и температур, превышающих температуру фазового равновесия «пар–твердая фаза», использовать уравнения и зависимости идеального газа. Кривая фазового равновесия «пар–лед» рассчитывается по уравнению Уэшбурну.

Свойства влажного воздуха характеризуются следующими основными параметрами: температура по сухому термометру, влагосодержание, относительная влажность, плотность, температура по мокрому термометру, температура точки росы, барометрическое давление, удельная теплоемкость.

Масса водяного пара в воздухе может меняться от 0 до максимального значения. В насыщенном воздухе количество пара является предельно возможным при данной температуре и равно массе пара в 1 м^3 воздуха в состоянии насыщения.

При расчетах процессов тепловлажностной обработки воздуха в аппаратах систем кондиционирования воздуха для получения энергоэкономичного решения приходится выполнять многовариантные вычисления. Использование известных расчетных зависимостей позволяет выполнить такие расчеты, однако температура мокрого термометра и точки росы определяется численными способами с использованием макросов. Сегодня это автоматизированные расчеты, для которых нужны прикладные программные комплексы. Имеющиеся в общедоступной среде прикладные программные комплексы либо не отвечают тем или иным требованиям, либо достаточно дорогие. Это в полной мере относится к расчету состояний влажного воздуха.



УДК 696.2/4

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННИКОВ НА ТЕПЛОВЫХ ТРУБАХ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ТЕПЛОТЫ ОТ БЫТОВЫХ СТОКОВ К ГВС.

Власюк Д.И.

Руководитель – старший преподаватель Прокопеня И.Н.

Тепловые трубы (ТТ) используются в различных областях энергетики: в гелиоколлекторах, в хлебопекарных и кондитерских печах, в системах рекуперации воздуха, в системах отопления почвы в теплицах за счет теплоты земли, в сушильных установках и системах утилизации низкопотенциальных потоков тепла различных технологических процессов.

Основными материалами при изготовлении тепловых труб являются: алюминий, медь и сталь. В качестве теплоносителей могут использоваться фреоны, дистиллированная вода или аммиак.

Основным преимуществом ТТ является:

- высокий коэффициент теплоотдачи с внутренней поверхности ТТ (за счет фазовых переходов теплоносителя в тепловой трубе) и высокий коэффициент теплопередачи от испарителя в конденсатору ТТ.

- Способность быстро выходить на рабочий режим.

- ТТ могут работать при малом градиенте температур.

- ТТ могут работать независимо от взаимного расположения конденсатора и испарителя (капиллярная структура фитиля позволяет расположить испаритель ТТ выше конденсатора).

- Быстрый перенос энергии в тепловых трубах. В пределе скорость переноса энергии, равная скорости переноса пара, может достигнуть скорости звука.

Поскольку коэффициент теплоотдачи в зоне испарения и конденсации ТТ (около 10 кВт/м²·К) значительно больше, чем с внешней стороны трубы (около 50 Вт/м²·К), в тепловых трубах применяют оребрение с внешней стороны и различные способы интенсификации теплообмена (вынужденная конвекция, турбулизация потока).

Расход тепла на нужды ГВС в жилом доме составляет примерно 25% от общего потребления энергии в доме, при этом канализационные стоки жилых домов имеют температуру около 25°C, а температура водопроводной воды около 12°C.

В связи с вышесказанным можно сделать вывод, что теплоту канализационных стоков можно использовать для подогрева водопроводной воды, идущей на нужды ГВС.

На данный момент практикуют следующие способы утилизации данного потенциала теплоты:

1. Утилизация с использованием тепловых насосов. Однако использование ТН имеет определенные трудности: во-первых, нужно сооружать емкости в которых будут накапливаться стоки. А во-вторых Теплонасосные станции дорогие и имеют большие габариты
2. Использование обычных кожухотрубных или пластинчатых теплообменников. Данный способ нецелесообразен из-за быстрого загрязнения ТО и подходит только для т.н. серых стоков (когда канализация от ГВС и унитаза разделена).
3. Утилизация в специальных теплообменных резервуарах. Данный способ осуществим, но малоэффективен и требует установки резервуара.

В данной работе мы предлагаем использовать теплообменник на основе тепловых труб (рисунок 1) для передачи теплоты от канализации к водопроводной воде.

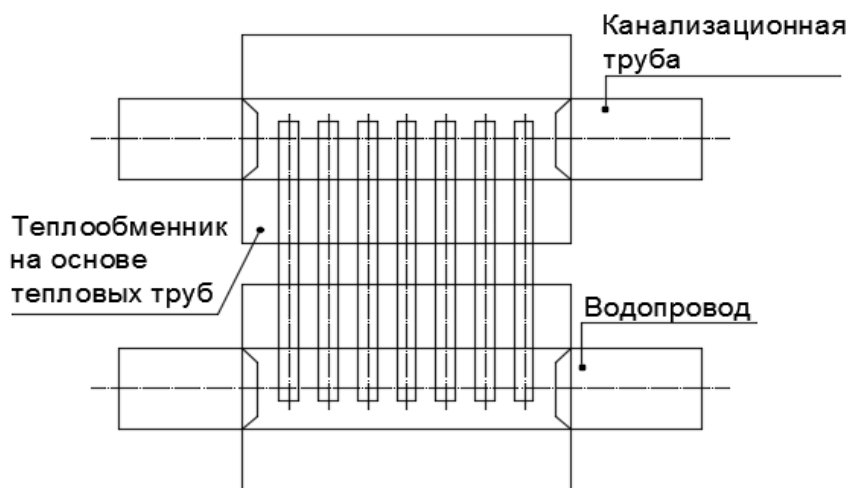


Рисунок 1 – Схема теплообменника на тепловых трубах

Преимущества данного метода:

1. Утилизация теплоты канализационных стоков, и экономия теплоты на нагрев горячей воды для ГВС.
2. При использовании теплообменника на основе ТТ между греющей и нагреваемой средой есть видимый разрыв, что обеспечивает надежную защиту от смешивания 2-ух потоков.
3. Теплообменник на основе ТТ имеет малое гидравлическое сопротивление.
4. Низкая чувствительность к загрязнению поверхности теплообмена.

ТО предполагается устанавливать в индивидуальном тепловом пункте перед теплообменником ГВС. Однако для этого необходимо подвести к тепловому пункту канализационный коллектор. Холодная вода, идущая на теплообменник ГВС проходит через ТО на тепловых трубах, подогревается и затем догревается уже сетевой водой (рисунок 2). Поскольку пики графика потребления горячей воды совпадают по времени с моментами её утилизации, в такие моменты теплообменник будет работать в номинальном режиме тем самым снижая нагрузку на теплосеть.

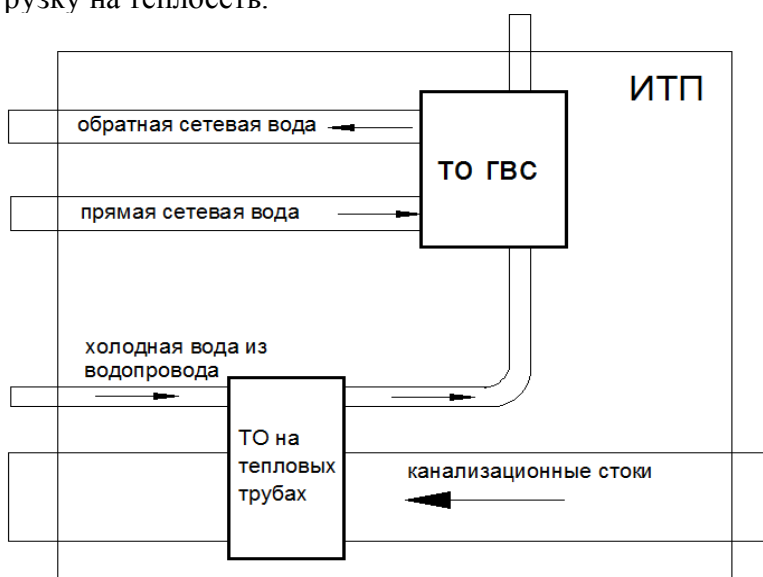


Рисунок 2 – Схема установки теплообменника в тепловом пункте

Для качественного регулирования температуры воды, идущей на ГВС, в случае установки данного теплообменника, необходима установка систем автоматизации и регулирующей арматуры в тепловом пункте, которая регулировала бы подачу сетевой воды в теплообменник нагрева воды на ГВС, в зависимости от расхода и температуры канализационных стоков.

Недостатки предлагаемых теплообменников:

1. Высокие капитальные затраты на закупку тепловых труб для теплообменника
2. Необходимость подвода канализации к тепловому пункту.

УДК 621.316.99

ВИРТУАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ

Ремез М.В.

Научный руководитель - д.т.н., профессор Седнин В.А.

Концепция виртуальной электростанции (ВЭС) зародилась несколько лет назад, между тем, ВЭС может помочь решить сразу несколько задач в энергетике – такие, как оптимизация, стабилизация, гибкость, интеграция. Иными словами, концепция ВЭС стремится к достижению ситуации, когда все участники энергосистемы, включая потребителей, находятся в выигрыше. Либерализация рынка, строительство объектов распределенной генерации и возобновляемых источников энергии, развитие информационных систем и увеличение потребности в электроэнергии, а также рост тарифа за счет роста инвестиционной нагрузки стимулируют к поиску новых и эффективных технологических решения в энергетике. На сегодняшний день одной из самых проработанных концепций «умного» контроля распределенной генерации является виртуальная электростанция. Виртуальная электростанция может объединять (соединять) ресурсы нескольких источников: мелких генераторов, объектов распределенной генерации, возобновляемых источников энергии, потребителей и т.п. ВЭС может выступать балансирующим механизмом всей энергетической системы – например, регулировать непостоянную выработку возобновляемых источников энергии и пиковые нагрузки. Она также может быть инструментом регулирования взаимоотношений с клиентами, а также инструментом маркетинга и рекламы для отдельного игрока рынка. Например, энергосбытовой компании, которая с помощью ВЭС может гарантировать своим клиентам бесперебойную поставку, более точный биллинг и низкие цены. ВЭС поможет сэкономить средства на строительство дополнительных мощностей, дорогостоящих пиковых электростанций.

Виртуальная электростанция (ВЭС) – это высокотехнологичная система, которая объединяет электроэнергию сразу от нескольких производителей и потребителей. Можно сказать, что ВЭС фактически управляет поведением как производителей, так и потребителей. Производителями в данном случае могут выступать объекты распределенной генерации, солнечные панели, биогазовые станции, ветровые станции, когенерация, небольшие гидроустановки и т.п. Потребителями могут выступать потребители электроэнергии, владеющие холодильными установками, кондиционерами, теплицами, дренажными насосами, дробильными установками, прокатными станами, электролизерами и т.п. Необходимо заметить, что такие объекты потребителей и производителей должны обладать гибкостью в производстве или потреблении электроэнергии. ВЭС не вмешивается непосредственно в производственный процесс. Таким образом, ВЭС регулирует объекты, обеспечивая поддержку энергосистеме, когда производство и потребление находятся в дисбалансе (пиковые нагрузки). Для работы ВЭС необходима «умная» инфраструктура: «умные» системы учета электроэнергии, коммуникация, например, связь через интернет, а также специальное программное обеспечение, которое будет балансировать доступные источники электроэнергии, сглаживая пиковые нагрузки в системе.

Виртуальная электростанция может играть роль стабилизатора энергосистемы. ВЭС, располагая информацией в реальном времени о возможностях разгрузки мощностей каждого из подключенных к системе потребителя, получает сигнал от регулятора и системного оператора. По предварительной и общей договоренности она контролирует потребление каждого потребителя, тем самым сглаживает общий график пиковой нагрузки и стабилизирует сеть. Формально модели функционирования ВЭС можно разделить на следующие:

1. Модель ВЭС: на рынке создается независимая энергосервисная организация, которая является оператором ВЭС. Этот оператор активно подключает потребителей к своей ВЭС,

при этом участникам выплачивается вознаграждение за участие в так называемых программах «Управления потреблением», которое зависит от условий системного оператора конкретного рынка.

2. Традиционная модель (модель энергосбытовой компании): компания, работающая на энергорынке (например, энергосбытовая), создает сеть, контролирующую различные объекты распределенной генерации и гибкой мощности своих потребителей.

3. Клиентоориентированная модель: потребители устанавливают на своей базе технологию ВЭС для обеспечения своих нужд. В данном случае ВЭС используется для управления собственным потреблением.

Огромное преимущество ВЭС состоит в том, что она обладает информацией о доступной генерации или спросе в близком к реальному режиму времени на подключенной к ВЭС территории. Кроме того, она располагает гибкостью в использовании той или иной генерации или доступной мощности потребителя, т. к. система автоматически высчитывает наиболее эффективный источник на данный момент времени.

Преимуществом виртуальной электростанции также является то, что архитектура ВЭС очень гибкая и может принимать множество различных форм. ВЭС можно интегрировать вертикально или горизонтально. Она может работать отдельно (независимо), а может быть частью большей системы ВЭС. В дополнение, несколько ВЭС можно подключить к общей энергосистеме.

Основная цель ВЭС – достижение ситуации, когда все участники энергосистемы, в том числе и ее потребители, находятся в выигрыше.

Система ВЭС собирает множество информации о доступных мощностях от генерации, спросе настоящем и прогнозируемом, возможностях разгрузки (гибкой мощности потребителей), желаемом графике нагрузки системы. Вся собранная информация обрабатывается в режиме времени, близком к реальному. ВЭС обладает информацией о наиболее эффективном производителе или потребителе на данном промежутке времени, учитывая настоящую ситуацию на рынке, прогноз погоды, который важен для объектов возобновляемых источников энергии.

С точки зрения использования концепции ВЭС непосредственно энергосбытовой компаниями интересен опыт внедрения такого проекта компанией Elektro Ljubljana (Словения). Технология ВЭС была предоставлена компанией cyberGRID (Австрия). Основными задачами проекта были снижение нагрузки сети и регулирование распределенной генерации. Если сбытовая компания способна оптимизировать потоки электроэнергии, то она способна минимизировать затраты дисбаланса либо торговать высвобожденной электроэнергией на рынке системных услуг. Elektro Ljubljana является самой крупной энергосбытовой компанией в Словении, она поставляет электроэнергию более чем 350 000 потребителей. Потребители Elektro Ljubljana, которые участвуют в проекте ВЭС, это сталелитейные заводы, литейные, бумажные комбинаты, торговые центры, производители стекла и керамики, химическая промышленность.

В завершение хотелось бы еще раз подчеркнуть некоторые выгоды различным участникам рынка от внедрения ВЭС:

1.

Распределительные и магистральные сети:

- Более прозрачная деятельность объектов распределенной генерации и контроль их активности на рынке
- Снижение пиковых нагрузок сети за счет регулирования нагрузками потребителей
- Снижение рисков перебоев сети
- Снижение уровня инвестиций в сеть
- Улучшение контроля работы негибкой и непостоянной распределенной генерации

2. Сбытовые компании:

- Улучшенный контроль над коммерческими рисками

- Новый уровень работы с потребителями, возможность предлагать новые программы
 - Доступ к более дешевым ресурсам
 - Улучшение надежности энергоснабжения
 - Улучшенный биллинг
3. Владельцы распределенной генерации и потребители:
- Получение платы за гибкую мощность
 - Возможность участвовать на рынке в полном объеме в качестве производителя
 - Увеличение стоимости активов
 - Более осмысленное потребление электроэнергии
 - Экономия средств за счет снижения потребления электроэнергии
4. Регулятор или Системный оператор:
- Балансирование и оптимизация рынка
 - Открытие рынка для более мелких участников
 - Получение дополнительной гибкой мощности
 - Достижение целей страны по снижению выбросов CO₂
 - Создание новых рабочих мест и снижение общей безработицы

УДК 620.92

ПЛАВУЧИЕ СОЛНЕЧНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Бойко Е.Г.

Научный руководитель – старший преподаватель Иокова И.Л.

За последние годы во всем мире, в особенности в странах Евросоюза, резко возрос интерес к вопросам использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Возобновляемые источники энергии, к которым относят биомассу, гидроэнергию, энергии солнца, геотермальных вод и ветра, могут заменять ископаемые виды топлива, уменьшать выбросы парниковых газов и других вредных веществ.

На данный момент в Париже подписали новое климатическое соглашение, вместо Киотского протокола. Согласно этому соглашению все без исключения страны обязаны принять свои национальные цели по сокращению вредных выбросов,

Способность источников энергии возобновляться не означает, что изобретен вечный двигатель. Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) используют энергию солнца, тепла, земных недр, вращения Земли. Если солнце погаснет, то Земля остынет, и ВИЭ не будут функционировать.

Основные преимущества солнечной энергетики известны. Это:

- Общедоступность,
- Независимость от сторонних поставщиков электроэнергии,
- Экологическая чистота и безопасность для здоровья.

К недостаткам этого вида энергии можно отнести:

- нестабильность,
- цикличность,
- неравномерность распределения по территории;

Одним из новых видов солнечной энергетики являются плавучие солнечные электростанции, о которых и пойдет далее речь.

Плавучая система сочетает преимущества наземной фиксированной системы и наземной вращающейся электростанции: в наземной фиксированной системе модули установлены относительно близко друг к другу, но все направлены строго на юг, а значит система малоэффективна утром и вечером. Наземные вращающиеся электростанции решают эту проблему, но занимают значительно большую площадь — модули приходится устанавливать на большем расстоянии друг от друга из-за длинных теней утром и вечером. Плавучая система позволяет всегда развернуть ее прямо к солнцу.

Отмечается, что солнечная электростанция эффективно работают при низких температурах, но их эффективность заметно снижается, если панель нагревается выше определенной температуры за счет тепла, поднимающегося от земли. Плавучие электростанции проектируются с учетом скорости ветра до 50м/с, а также изменений уровня воды.

Достоинства

- Перспективность,
- Доступность и неисчерпаемость источника энергии,
- Улучшенное охлаждение,
- Более высокий КПД.

Недостатки

- Зависимость от погоды и времени суток,
- При промышленном производстве — необходимость дублирования солнечных ЭС маневренными ЭС сопоставимой мощности.
- Высокая стоимость конструкции, связанная с применением редких элементов (к примеру, индий и теллур).

Япония установила новый рекорд мощности плавучей солнечной электростанции. Компания Smart Energy сообщила о завершении строительства в городе Кавадзима к северу от Токио (префектура Сайтама) и вводе в эксплуатацию генерирующей установки, которая способна вырабатывать с помощью солнечных батарей до 8,3 млн кВт•ч электроэнергии в год. Согласно подсчетам энергетиков, этого достаточно, чтобы удовлетворить потребность в электричестве 2300 частных жилых домов.

До этого самой мощной плавучей солнечной электростанцией была так же построенная в Японии близ города Като (префектура Хёго). Ту станцию ввели в строй в июне прошлого года. Она дает около 3,3 млн кВт•ч в год, что обеспечивает электроэнергией примерно 920 типовых японских домохозяйств.

Нынешняя станция-рекордсмен расположена на поверхности большого озера площадью около 130 тыс. квадратных метров, вокруг которого находятся сельскохозяйственные угодья. При создании подобной плавучей электростанции было задействовано более 27,4 тыс. солнечных батарей (в Като установка состоит из 9 тыс. панелей).

Национальная Корпорация Гидроэлектроэнергетики Индии (NHPC) планирует строительство солнечной электростанции.

Электростанцию в 50 МВт планируют разместить в водоеме южного штата Керала.

Самая крупная в Европе плавучая солнечная электростанция будет построена в Великобритании в графстве Большой Манчестер, в пригороде Годли г. Хайд. 12 тысяч солнечных панелей покроют площадь в 45500 м², что составляет около 75% площади водохранилища Годли. Ожидается, что ежегодно электростанция будет вырабатывать около 2.7 ГВт-часов солнечного электричества.

Производители обещают, что в регионе строительства экология затронута не будет, так как, когда солнечные панели устанавливаются на плавучей платформе, проблема нагревания в значительной степени уменьшается.

В настоящее время в Республике Беларусь так же уже используется солнечная энергетика.

Например, солнечная электростанция в Сморгони (Гродненская область).

Электростанция с общей суммарной мощностью до 17 МВт. Для размещения большого количества солнечных батарей определен участок неиспользуемой земли в 36,8 га в промышленной зоне на восточной окраине города Сморгонь. Уже завершили первую очередь строительства и обеспечили получение 5 МВт энергии. Вторая очередь (еще 6 МВт) должна быть введена в эксплуатацию в декабре 2016 года. Завершить проект и разместить батареи мощностью еще в 6 МВт планируется к июлю 2018 года. Но время не стоит на месте, и мы можем также рассмотреть вариант о строительстве у нас плавучей солнечной электростанции, так как Республика Беларусь также обладает значительными площадями водоемов.

Площади наших озер в несколько раз превышают площади тех, на которых уже построили станции в других странах и можно заметить, что наш климат схож с климатом Великобритании (в Великобритании 1476 часов в году наблюдается солнечные дни, в Республике Беларусь – 1800).

Таким образом, можно сделать вывод о возможности рассмотрения вопросов строительства плавучих солнечных электростанций в Республике Беларусь.

Развитие энергетики оказывает воздействие на различные компоненты природной среды: на атмосферу, на гидросферу, на литосферу. В настоящее время это воздействие приобретает глобальный характер, затрагивая все структурные компоненты нашей планеты. Выходом для общества из этой ситуации должны стать: внедрение новых технологий, распространение альтернативной энергетики и использование возобновляемых источников энергии.

Поддерживая эти идеи сейчас мы даем шанс будущему поколению на экономическую и энергетическую независимость.

УДК 620.92

РЕТЕ ТЕХНОЛОГИЯ – НОВЫЙ СПОСОБ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Швед И.В.

Научный руководитель – старший преподаватель Петровская Т.А.

Устройство нового типа, использующее одновременно энергию света и тепловую энергию, обещает новые возможности в преобразовании энергии Солнца в электричество.

Принцип действия нового прибора основан на физических явлениях, открытых учеными Стэнфорда. В прототипе нового преобразователя солнечный свет возбуждает электроны в специальном электроде, а избыточное тепло перебрасывает эти электроны на другой электрод в вакууме, создавая электрический ток. По задумке ученых, неиспользованная тепловая энергия будет использована для нагрева теплоносителя парового двигателя. Такая конструкция позволит преобразовывать рекордные 50% энергии солнечного света в электричество. На сегодня, теоретический предел КПД фотоэлектрических элементов составляет около 29%

Обычные же солнечные батареи из кристаллического кремния эффективны лишь на 15%. Большая часть всей солнечной энергии теряется в виде тепла. Это происходит потому, что такая солнечная ячейка использует лишь часть светового спектра, фотоны же ниже определенного энергетического уровня просто разогревают пластину.

Группа ученых под руководством Николаса Мелоша создала катод из полупроводникового материала, который мог использовать как световую, так и тепловую энергию для преобразования. Когда свет попадал на катод, он начинал работать как обычный фотоэлектрический элемент из кристаллического кремния. Далее не требовалось большого количества тепла, чтобы перевозбужденные электроны начинали перепрыгивать на анод. Таким образом, новая система позволяла эффективно работать при более низких температурах, чем в классическом теплоэлектронном преобразователе, но при более высоких температурах, чем обычная фотоэлектрическая пластина.

Ученые назвали новый механизм РЕТЕ - photon-enhanced thermionic emission, или теплоэлектронный преобразователь, улучшенный фотонами.

Использование нитрида галлия в качестве полупроводникового катода, позволило получить впечатляющий коэффициент полезного действия около 25% при температуре 200 С, температуре, при которой обычный фотоэлектрический элемент вообще перестает работать, в новом преобразователе КПД продолжал расти с увеличением температуры.

Ученые назвали новый механизм РЕТЕ - photon-enhanced thermionic emission, или теплоэлектронный преобразователь, улучшенный фотонами.

Не смотря на высокий КПД, фотонный теплоэлектронный преобразователь будет выделять больше тепла, чем он сможет использовать, поэтому предлагается использовать избыточное тепло для генерирования электричества с помощью паровой машины, поднимая совокупный КПД системы до 50%.

Отличие солнечной панели технологии РЕТЕ от других типов солнечных батарей

В отличие от обычных фотоэлектрических солнечных батарей, эффективность которых снижается при повышении температуры, новая технология, наоборот, обеспечивает максимальную отдачу при нагревании солнечными лучами и производит энергии в три раза больше. КПД технологии РЕТЕ может достигать 60%, в то время как доступные сегодня солнечные батареи имеют КПД всего 13-22%.

Лучше всего PЕTE-батареи будут работать с параболическими концентраторами (рисунок 1), температура панели которых может подниматься до 800°С. Такие концентраторы используются на больших солнечных электростанциях, например, в пустыне Мохаве в Южной Калифорнии. Это делает внедрение новой технологии еще более дешевой.



Рисунок 1 - Параболические концентраторы

Команда Мелоса покрыла часть полупроводникового материала тонким слоем металлического цезия, в результате чего материал стал способен использовать для выработки электроэнергии и свет, и тепло. Особенность новой солнечной батареи в том, что, чем выше температура, тем больше производится электричества.

Это очень полезное свойство, когда речь идет, например, о космических аппаратах, которые питаются солнечной энергией - их поверхность может нагреваться до сотен градусов. Большинство кремниевых солнечных батарей перестают работать уже при 100°С, PЕTE не утрачивает максимальной эффективности и при температуре более 200°С.

Литература

1. New solar energy conversion process discovered by Stanford engineers could revamp solar power production [Электронный ресурс]/ Научные исследования. - Режим доступа: <http://news.stanford.edu/news/2010/august/new-solar-method-080210.html>- Дата доступа: 24.04.2016.
2. PЕTE process promises successful technology fusion [Электронный ресурс] / Экономике мира. – Режим доступа: <http://www.alternative-energy-news.info/pete-process-technology-fusion/>. – Дата доступа: 26.04.2016.

УДК. 697.34

ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ИЗОЛИРОВАННЫЕ ТРУБЫ

Османов К.О.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Чернышев В.И.

Невозможно переоценить значение теплоизоляции. Одной из наиболее важных ее функций является повышение энергоэффективности. Правильная изоляция труб также необходима для продления срока эксплуатации и безопасности для окружающей среды. Изоляционный слой защищает стальные трубы от коррозии. В некоторых странах прокладка неизолированных труб вообще запрещена, так как отсутствие теплоизоляции (либо некачественная теплоизоляция) приводит к большим потерям тепла – понижению температуры теплоносителя на десятки градусов.

Основными требованиями к материалам, используемым для теплоизоляции труб, являются:

- низкий коэффициент теплопроводности;
- широкий температурный диапазон использования (устойчивость к резким температурным перепадам);
- паропроницаемость;
- воздухонепроницаемость
- устойчивость к вибрации и др. механическим воздействиям.

В зависимости от используемого материала, трубы изолируются тремя основными способами:

- нанесение теплоизоляционного слоя на смонтированные трубы (напыление ППУ);
- монтаж теплоизоляционных скорлуп (минвата, ППУ и др.);
- предизоляция труб.

Предизоляция труб по принципу «труба в трубе» в основном осуществляется с использованием пенополиуретана. Российский и зарубежный опыт доказал высокую эффективность использования предварительной изоляции с помощью ППУ.

Преимущества труб с изоляцией из пенополиуретана по сравнению с традиционными трубами:

- легкость и быстрота монтажа;
- долгий срок эксплуатации (30 лет в среднем);
- сокращение затрат на прокладку теплотрасс;
- сокращение расходов на обслуживание теплотрасс.

Преимущества применения данного материала являются такие качества, как низкая теплопроводность и малое влагопоглощение. Пенополиуретаном обрабатываются как металлические, так и полимерные трубы. Технология изоляции труб ППУ заключается в следующем: трубы тщательно очищаются и высушиваются. Затем, при необходимости (в случае если это металлическая труба), на трубу наносится антикоррозийное покрытие. ППУ заливается в межтрубное пространство – полость между трубой и защитной оболочкой, выполненной из полиэтилена.

Однако, в случае если температура транспортируемой среды превышает допустимую для ППУ, то возможна предварительная изоляция труб минватой. Трубы с изоляцией из минваты, покрытые оцинкованной гидрозащитной оболочкой выдерживают температуру теплоносителя до +250 градусов Цельсия.

Эффективной является технология предварительной изоляции труб с использованием ППМ - пенополимерминеральной изоляции. Изоляция ППМ изготавливается с добавлением кварцевого песка (либо других минеральных наполнителей). Основным достоинством ППМ изоляции является хорошая паропроницаемость. Пенополиминеральная изоляция не требует

нанесения на металлическую трубу антикоррозийного слоя, а также внешней защитной полиэтиленовой оболочки.

Однако, как показал опыт, методу предварительной изоляции ППУ трудно найти альтернативу. Высокая стоимость использования полимеров для предизоляции труб не может рассматриваться как недостаток, т.к. увеличивает срок эксплуатации на десятки лет, и нет необходимости в регулярной профилактике и ремонте на протяжении всего срока эксплуатации. Легкость при изготовлении и транспортировке – безусловное преимущество этого способа теплоизоляции. Обязательным требованием при эксплуатации предизолированных труб это – постоянный контроль над процессом увлажнения, для которого необходима установка электронной системы контроля.

Предварительная изоляция труб пенополиуретаном предусматривает еще он эффективный метод. Это – метод безоболочной ППУ изоляции. Технология заключается в следующем: ППУ заливается в межтрубное пространство с использованием специальных съемных форм. Данный метод позволяет не использовать внешний защитный слой. Безоболочная ППУ изоляция покрывается не полиэтиленовым, а «интегральным» слоем уплотненного ППУ. Преимуществом «интегрального» слоя в сравнении с полиэтиленовым слоем является его паропроницаемость.

Монолитная конструкция «труба в трубе» отличается от других систем высоким качеством и надежностью. С экономической точки зрения, дополнительные расходы на предварительную изоляцию полностью оправдывает многократное продление срока эксплуатации труб.

Литература

1. Водяные тепловые сети: Справочное пособие по проектированию. /Под ред. Н.К. Громова, Е.П. Шубина, - М.: Энергоиздат, 1988. – 376 с.
2. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: Учебник для вузов. –М.: Энергоиздат, 1982. –360 с.

УДК 519.876.5

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ZULU

Карасёва А.В., Кацубо В.В., Скицунова И.А.

Научный руководитель – аспирант Матявин А.А.

ГИС Zulu — геоинформационная система и программа для расчётов инженерных сетей. Она позволяет создавать расчётные модели городских сетей тепло-, водо-, и газоснабжения и выполнять гидравлические и теплогидравлические расчёты сетей для режимной наладки систем централизованного теплоснабжения.

ГИС Zulu по внешнему виду весьма похожа на широко распространенные продукты семейства Microsoft Office и имеет схожее оборудование меню и панелей инструментов. Система позволяет открывать одновременно несколько карт, работать с информацией, получаемой как из локальных таблиц, так и из баз данных Microsoft Access, Microsoft SQL Server, Oracle и других. Система также позволяет проводить совместный анализ графических и семантических данных, пересекать запросы к семантическим данным с подмножеством графических данных, выполнять тематическую раскраску по семантическим данным, экспортировать графические и табличные данные в распространённые форматы ГИС, Автокад, Microsoft Excel.

Рассчитанная на машины от Pentium 100 и изначально предъявляющая невысокие требования к ПК, система сочетает современный уровень возможностей с быстротой их исполнения.

Наряду с обычным для ГИС разделением объектов на контуры, ломаные, поли-контуры, поли-ломаные, Zulu поддерживает линейно-узловую топологию, что позволяет вместе с прочими пространственными данными (улицы, дома, реки, районы, озера) моделировать и инженерные сети. Система позволяет создавать классифицируемые объекты, имеющие несколько режимов, каждое из которых имеет свой стиль отображения.

Ввод сетей производится с автоматическим кодированием топологии. Нарисованная на экране сеть сразу становится готовой для топологического анализа. Это исключает длительный и трудоемкий этап занесения информации о связях между объектами.

Для разработки ГИС приложений, не связанных с оболочкой Zulu, создан и постоянно развивается с учетом пожеланий пользователей набор ActiveX компонентов - ZuluXTools (ранее называвшийся Zulu ActiveX Control Module), который предназначен для создания ГИС приложений и автоматизированных рабочих мест в среде разработки пользователя. ZuluXTools обеспечивает внедрение в создаваемое приложение компонента «Карта», предоставляет набор OLE методов и свойств для доступа к графическим объектам, их редактирования, их связи с семантическими базами данных.

Разновидности программы: ZuluThermo — гидравлические расчеты тепловых сетей для режимной наладки систем централизованного теплоснабжения; ZuluHydro — гидравлические расчеты систем водоснабжения; ZuluGaz — гидравлические расчеты газовых сетей; ознакомительная версия ГИС Zulu и модулей расчетов инженерных сетей; электронная модель системы теплоснабжения — инструмент учёта, наладки и модернизации тепловых сетей.

ZuluThermo — гидравлические расчеты тепловых сетей для режимной наладки систем централизованного теплоснабжения. Расчеты ZuluThermo работают в тесной интеграции с геоинформационной системой Zulu и выполнены в виде модуля расширения ГИС.

Сеть заносится в ГИС с помощью мышки или по координатам. При этом сразу формируется расчетная модель. Остается задать расчетные параметры объектов и нажать кнопку выполнения расчета. Расчету подлежат тупиковые и кольцевые тепловые сети, в том числе с повысительными насосными станциями и дросселирующими устройствами, работающие от одного или нескольких источников. Расчет систем теплоснабжения может

производиться с учетом утечек из тепловой сети и систем теплопотребления, а также тепловых потерь в трубопроводах тепловой сети.

В состав расчетов входят коммутационные задачи, поверочный расчет водопроводной (кольцевой) сети, конструкторский расчет водопроводной сети, «Гидроудар» - расчет переходных процессов, построение пьезометрического графика.

Гидроудар – расчет нестационарных процессов в сложных трубопроводных гидросистемах в ZuluHygro. Цель расчета – выявления участков и узлов сети, подвергающихся за время переходного процесса воздействию недопустимо высокого или низкого давления. В качестве событий, порождающих переходные процессы, предполагается включение или выключение насосов либо открытие или закрытие задвижек, а также разрыв трубы.

ZuluDrain - гидравлические расчеты канализационных сетей. Пакет ZuluDrain позволяет создать расчетную математическую модель сети, выполнить паспортизацию сети, и на основе созданной модели решать информационные задачи, задачи топологического анализа, и выполнять различные гидравлические расчеты. Расчеты ZuluDrain могут работать как в тесной интеграции с геоинформационной системой (в виде модуля расширения ГИС), так и в виде отдельной библиотеки компонентов, которые позволяют выполнять расчеты из приложений пользователей. Разработанное программное обеспечение предоставляет пользователю возможность исследовать свойства или поведение системы водоотведения в условиях, которые нецелесообразно или невозможно воспроизвести на практике, а также моделировать разного рода возмущения с целью оценки их влияния на режим работы канализационной сети. Количество объектов канализационной сети не ограничено.

ZuluGaz — гидравлические расчеты газовых сетей. В состав расчетных задач входят: поверочный расчет газовой сети низкого давления, поверочный расчет газовой сети среднего или высокого давления, построение графика падения давления в газовой сети, коммутационные задачи.

Созданная математическая имитационная модель системы газоснабжения, служащая для решения поверочной задачи, позволяет анализировать гидравлический режим работы системы, а также прогнозировать его изменения в случае каких-либо переключений. Расчеты могут проводиться при различных исходных данных, в том числе при отключении отдельных участков газовой сети.

Литература

1. ГИС Zulu [Электронный ресурс]. / Геоинформационная система Zulu – официальный сайт компании Политерм. Режим доступа: <http://www.politerm.com.ru/zulu/>, свободный.
2. Сетевая модель в ГИС и инженерные сети [Электронный ресурс]. / Вики GIS-Lab. Режим доступа: http://wiki.gislab.info/w/Сетевая_модель_в_ГИС_и_инженерные_сети, свободный.

УДК 519.876.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ MAGIC CAD В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

Северин В. Ф., Соколовская К. С., Сидорчук А. А.

Научный руководитель – аспирант Матявин А.А.

MagiCAD – программа для трехмерного проектирования и выполнения необходимых расчетов внутренних инженерных систем – вентиляции и кондиционирования, отопления, сантехники и электрических систем. Программа занимает лидирующие позиции на рынке программ для проектирования сетей ОВ/ВК.

Программа содержит следующие модули: Вентиляция, Трубопроводы, Спринклерные сети, Технологические схемы, Помещение, Комфорт и Энергия, Электроснабжение, Электрические цепи.

MagiCAD Трубопроводы - решение для проектирования систем внутренних инженерных коммуникаций: отопления, водоснабжения и водоотведения, тепло- и холодоснабжения.

Модуль «Трубопроводы» предназначен для проектирования и расчета систем отопления, тепло- и холодоснабжения, водоснабжения, канализации, спринклерных и других систем. В работе используются одни и те же команды независимо от того, какую систему вы проектируете.

MagiCAD Трубопроводы объединяет в себе удобный чертежный инструмент и мощное расчетное ядро. Содержит более 100000 единиц оборудования ведущих европейских производителей – с теплотехническими, гидравлическими и акустическими характеристиками.

MagiCAD Трубопроводы позволяет чертить для двухтрубной системы отопления или для системы водоснабжения несколько трубопроводов одновременно, что существенно экономит время.

Основные функциональные возможности:

- устанавливается на Autodesk AutoCAD и Revit MEP;
- простые интуитивно понятные инструменты проектирования и редактирования трубопроводных систем;
- проектирование одно-, двух- и трехтрубных систем отопления;
- автоматический подбор диаметров трубопроводов;
- гидравлический расчет систем;
- подбор диаметров труб систем водоснабжения с учетом неравномерности потребления воды;
- балансировка систем отопления и холодоснабжения с помощью радиаторных и балансировочных клапанов;
- расчет объема теплоносителя в системе;
- подбор и расстановка радиаторов, подключение радиаторов к этажной разводке;
- возможность посмотреть параметры в любой точке сети (расход на участке, потери давления, тип запорной и регуливающей арматуры и т.д.);
- автоматическое или ручное надписывание элементов систем;

- автоматическое создание спецификаций материалов и оборудования;
- легкое и быстрое создание и редактирование поперечных разрезов;
- контроль пересечений элементов систем между собой и со строительными конструкциями;
- быстрое переключение между 2D и 3D режимами;
- возможность настраивать графическое отображения объектов для каждого видового экрана;
- передача данных в другие программы через формат IFC либо напрямую, с помощью плагинов.

MagiCAD Спринклеры - комплексное решение для проектирования и расчета спринклерных систем: можно чертить и редактировать трубопроводы, устанавливать оборудование, определять зоны покрытия и рабочие зоны форсунок и т.д.

MagiCAD Вентиляция - мощный инструмент для проектирования систем вентиляции здания. При черчении воздухопроводов автоматически подбираются и устанавливаются необходимые фасонные части. При изменении направления воздуховода программа подберет и установит отвод. При присоединении одного воздуховода к другому – тройник или крестовину. При изменении диаметра воздуховода создается переходник.

MagiCAD Электроснабжение - инструмент для быстрого и эффективного проектирования электрических, слаботочных сетей и освещения.

MagiCAD Схематика - решение для создания чертежей электрических цепей различной сложности.

MagiCAD Помещение позволит создавать трехмерную модель здания, основанную на реальной геометрии и технических характеристиках здания и служащей основой для расчетов и анализа.

MagiCAD Комфорт и Энергия - новое, экономящее время комплексное решение, которое позволяет уже на ранних этапах работы быстро и точно смоделировать, и оценить климатические и энергетические параметры здания.

Литература

1. Все о САПР и ГИС. Комплексная автоматизация проектно-конструкторских и технологических работ [Электронный ресурс]. /Русская Промышленная Компания. Режим доступа: <http://www.cad.ru>, свободный.
2. Cadmaster [Электронный ресурс]. /Журнал для профессионалов в области САПР. Режим доступа: <http://www.cadmaster.ru/>, свободный.

УДК 519.876.5

РАЗРАБОТКА SCADA-СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСЕТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЯ

Егощенко И. Н., Лешкевич В. С., Петрашкевич А. С.

Научный руководитель – старший преподаватель Петровская Т.А., аспирант Матявина А.А.

Разрабатываемая SCADA-система представляет собой комплекс аппаратного и программного обеспечения для реализации функций сбора и обработки информации по контролируемой энергосистеме, функций контроля и управления, а также функций, связанных с общим информационным обеспечением. SCADA полагается компьютерной системой, имеющей критические по ответственности задачи. В связи с этим система должна обеспечивать высокую производительность, в особенности в базовых узлах энергосистемы. Кроме того, при построении архитектуры системы, где необходимо, должен учитываться принцип полной аппаратной избыточности, с целью повышения общей отказоустойчивости комплекса. Редактор базы данных реального времени должен давать возможность добавлять, редактировать и удалять телемеханические присоединения и удаленные телемеханические устройства (УТУ). Должно быть реализовано динамическое изменение базы данных без необходимости регенерации системы. Все экранные формы, обеспечивающие общение пользователя с редактором, как и другими программами, упоминаемыми в проекте, должны создаваться в форме русского разговорного диалога. На первом этапе следует сформулировать минимальный набор параметров и определений базы данных системы, которые должны редактироваться пользователем:

- определение всех УТУ, подсоединенных к системе, включая имя, коммуникационный порт, конфигурацию и все коммуникационные параметры;
- определение всех статусных точек, подсоединенных к УТУ, включая 24-знаковое описание, статусные состояния, ненормальное состояние и все параметры, определенные где угодно в данном задании;
- определение всех телеметрических и аккумулирующих присоединений, назначенных для УТУ, включая 24-знаковое описание, факторы масштаба, пределы и все параметры, определенные где угодно в данном задании;
- определение всех контролируемых точек, подсоединенных к УТУ, включая 24-знаковое описание, статусные состояния, ненормальное состояние и все параметры, определенные где угодно в данном задании;
- определение всех псевдо присоединений, назначенных системе: статусных, телеметрических, управляемых, и т.д., включая описанные выше объекты 1-4. Псевдо присоединениями являются все объекты базы данных, не имеющие связи с реальным объектом телемеханики, и задаваемые либо ручным вводом информации, либо по результатам расчета;
- задание расписаний для ведения ведомостей событий, генерации отчетов, сброса счетчиков, запуска приложений.

Следующие параметры должны быть редактируемыми для всех присоединений - статусных, аккумуляторных, вычисленных или управляемых:

- определение областей ответственности. Причем, несколько областей ответственности могут назначаться для каждого присоединения;
- определение запрета на либо нормально-ненормальное, либо ненормально-нормальное изменение статусного состояния;
- назначение системы защиты и паролей - только для операций управления;
- начальное значение базы данных для "холодного перезапуска" системы.

Редактор базы данных SCADA-системы должен позволять задавать текущую конфигурацию УТУ, их физическое подключение к системе и необходимые параметры для обмена со всеми УТУ.

Однолинейные схемы подстанций - эти экраны отображают главную часть подсистемы человеко-машинного интерфейса, к которым оператор будет наиболее часто обращаться. Эти схемы будут назначаться по зонам ответственности. Пользователь при разработке таких экранов не должен быть ограничен отображением только данных по отображаемой подстанции. Возможно отображение любых данных любой части системы.

Экраны статуса станций - автоматически создаются системой. Эти экраны табличные по форме и будут отображать текущее состояние всех контролируемых на станции устройств.

Экраны энергосистемы - должно быть создано средство для создания однолинейных диаграмм энергосистемы, для отображения информации, собираемой и вычисляемой по всей сети. Эти экраны будут отображаться как однолинейные диаграммы.

Экран общего состояния сети - отображает общее состояние оборудования. Здесь будут фиксироваться неисправности оборудования системы, переключения оконечных устройств, вывод оборудования из работы, выполненный диспетчером.

Экран списка событий нарушения - система должна включать в себя сводку по несквитированным сигналам, которая представляет собой список всех событий тревоги в хронологическом порядке, как они были получены, которые еще не подтверждены оператором. Когда оператор распознал и сквитировал сигнал, он будет автоматически удален из списка событий нарушения.

Экран статистики по телекоммуникационному оборудованию - выдает сводную статистику по коммуникационному оборудованию, включая число и скорость возникновения ошибок, определенную препроцессором коммуникаций и переданную на ведущую машину.

Информационные экраны - должны представлять данные, нормально доступные оператору через другие источники - рабочие документы, справочники и т.д. В системе должны быть реализованы средства иерархического построения подобной информации, а также поиска требуемых данных по запросу.

Должны быть реализованы следующие виды проектирования режима:

- оперативное. Срок - на данный момент. Должно выполняться в случае внезапного значительного изменения режима сети, например, при возникновении аварии для оптимизации послеаварийного режима. Предполагается использовать текущие оперативные данные о нагрузке сети.

- текущее и краткосрочное. Срок - от одного часа до семи суток. Должно выполняться для текущей проработки режима, например, при проработке местных заявок и заявок ЦДС на текущие или последующие сутки. Предполагается использовать краткосрочный прогноз нагрузки сети.

- долгосрочное. Срок - от семи суток до трех месяцев. Должно выполняться для долгосрочного планирования и (или) прогнозирования режима, например, при изменении состава оборудования сети. Здесь возможно решение задач сезонного характера. Предполагается использовать краткосрочный прогноз нагрузки сети, текущую 30-тидневную ретроспективу и архив ретроспективы.

- сезонное. Срок - от трех до девяти месяцев. Должно выполняться при подготовке к переводу сети в осенне-зимний или весенне-летний режим работы. Здесь особое значение имеет решение задач сезонного характера, например, оптимальное размыкание контуров в распределительных сетях 6, 10, 35 кВ и оптимальное регулирование устройств ПБВ на трансформаторах. Предполагается использовать текущую 30-тидневную ретроспективу и архив ретроспективы.

Генератор отчетов дает возможность пользователю разрабатывать свои собственные форматы отчетов. Для создаваемых отчетов должна быть реализована возможность автоматической их генерации по расписанию, а также возможность манипуляции и расчетов по любым данным на момент генерации отчета.

Создаваемая SCADA-система включает гибкий, настраиваемый пакет программ управления потреблением, который даст возможность диспетчеру оперативно контролировать и управлять сетью в условиях максимумов энергопотребления, согласно существующим графикам отключений.

Программное обеспечение будет также позволять проводить общее регулирование напряжения в управляемой энергосети по данным, полученным программой оптимизации режима сети, основывающейся на расчете установившегося режима.

Возможные области применения пакета прогнозирования загрузки: проектирование режимов сети, управление загрузкой сети, сглаживание пиковых нагрузок, общее управление ресурсами, построение программы межсетевых перетоков.

УДК 004.42

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ «МОДЭН»

Музыкантова К.С., Самончик К.В.

Научный руководитель – аспирант Матявин А.А.

Программа МОДЭН представляет собой уникальную программу имитационного моделирования, с помощью которой можно моделировать и рассчитывать различные энергетические системы, процессы и их динамику. Так, программа позволяет моделировать энергетические системы — от систем крупных предприятий до тепло-влажностных процессов, протекающих в ограждающих конструкциях зданий. Кроме того, программа позволяет моделировать гидравлические и тепловые процессы в системах теплоснабжения и отопления, в том числе и кольцевые сети с построением пьезометрических графиков. Очень простым представляется моделирование работы систем автоматизации. Можно осуществлять трехмерное моделирование температурных полей в ограждающих конструкциях зданий. А еще программа удобна для выполнения энергетических аудитов.

На предприятиях со сменным режимом работы экономически целесообразно внедрять автоматизацию систем отопления по внутренней температуре. Расчет экономии тепловой энергии при автоматизации достаточно сложен. Он связан с необходимостью расчета нестационарных теплообменных процессов в помещении. С помощью программы МОДЭН эта задача становится достаточно простой и может быть решена на стадии проектирования. Рассчитывает программа и снижение потребления тепловой энергии, связанное со снижением температуры внутреннего воздуха. Программа МОДЭН позволяет моделировать системы вентиляции кондиционирования воздуха. Расчет и представление значений параметров систем вентиляции и кондиционирования воздуха в динамических режимах работы — основное достоинство программы. В любой момент времени можно видеть, как ведут себя температура, влажность, расход в различных узлах системы, оценить их взаимное влияние. Для этого нет необходимости вести построения процессов на одномерных диаграммах. Математическое описание всех параметров введено в уже разработанные шаблоны.

Обычно задача проектирования теплоснабжения разбивается на ряд задач (разделов проекта): отопление (внутренняя задача), тепловые сети (наружная задача) и индивидуальный тепловой пункт (место стыковки наружной тепловой сети и системы отопления и автоматизации системы отопления). Понятно, что такая разбивка связана в первую очередь с невозможностью их совместного решения из-за сложности. Тем не менее, программа МОДЭН позволяет решать все эти задачи совместно, во взаимосвязи друг с другом.

Рассматривая задачи теплообмена внутри помещения, необходимо описывать теплообмен в строительных конструкциях, окружающих помещение. Программа МОДЭН предоставляет пользователю возможность расчета нестационарного теплопереноса в одно-, двух- и трехмерных конструкциях. В процессе эксплуатации отдельные слои строительных конструкций могут переувлажняться, при этом значение влажности оказывается выше сорбционной. Поэтому задача выявления истинного поведения конструкций в процессе эксплуатации до настоящего времени являлась трудноразрешимой. Лишь с применением программы МОДЭН появилась возможность легко решать ее.

Программа МОДЭН позволяет рассчитывать поступления солнечной радиации в нестационарном режиме для горизонтальных, вертикальных и наклонных поверхностей в любой момент года. Это позволяет оценивать вклад солнечной радиации, например, при расчетах влажностного режима конструкций, кондиционирования воздуха или проектирования солнечного теплоснабжения.

Моделирование работы теплового насоса вместе с грунтовым теплообменником также может быть выполнено с помощью программы МОДЭН. На основании многочисленных

компьютерных экспериментов и сравнения полученных данных с известными зарубежными методиками, а также с учетом опыта устройства теплонасосной установки с грунтовыми теплообменниками на водозаборе Мухавецкий (Брест), в ОДО "Энерговент" были подготовлены рекомендации по проектированию таких систем.

Что же касается энергетического аудита, то он выполняется в несколько стадий. На первых стадиях осуществляется моделирование энергетических систем на компьютере в программе МОДЭН. На последующих стадиях осуществляется работа с моделью энергетической системы. При моделировании имеют значение коэффициенты неравномерности работы оборудования. Полученная на компьютере модель должна адекватно соответствовать реальной системе. Для этого в программе есть специальный пункт меню, в котором можно выполнить такую проверку.

Составление отчетов в программе автоматизировано. Пользователь выбирает вид отчета, а далее лишь отбирает из модели те значения параметров, которые попадают в отчет. Пользователю необходимо расставить признаки, чтобы автоматизировать их составление. В качестве периода расчета модели выбирают 1 год (если другой период не оговорен особо). Это необходимо для того, чтобы рассчитать нормы расхода ТЭР на различные периоды года.

При проведении полного энергетического аудита предприятия необходимо представление энергетической системы на компьютере и в дальнейшем выполнение анализа именно компьютерной модели энергетической системы. На современном этапе энергетический аудит можно проводить лишь в рамках имитационного моделирования. Необходимо утвердить банк компьютерных программ, которые можно применять при проведении аудитов.

Программа МОДЭН позволяет с достаточной полнотой моделировать адекватную реальную энергетическую систему предприятия, анализировать модель и ее трансформации, получать необходимые отчеты, в том числе рекомендованные существующими в Беларуси положениями.

Программа МОДЭН отличается от имеющихся программ по некоторым базовым принципам:

- расчет систем производится в нестационарном режиме, с учетом аккумулирующих свойств объектов. В EnergyPlus, на наш взгляд, используется для описания таких систем стационарный подход, хотя внешние параметры могут меняться во времени, но на каждом шаге счета решение получается стационарным;
- пользователь имеет возможность не только применять готовые расчетные алгоритмы, но и их просматривать, редактировать и создавать новые. Это позволяет разработчикам новых методов расчета конкретных систем легко стыковать их с остальными расчетами;
- пользователь имеет возможность создавать готовые шаблоны, со своими структурами и методами расчета (перечень готовых шаблонов см. в приложении 1). Таким образом, пользователи программы становятся, как бы членами одной команды, в которой каждый стремится создать что-то новое для улучшения конечного продукта другого члена команды. Подобная тенденция, на наш взгляд, существует среди пользователей AutoCad. Моделирование систем и процессов с использованием программного обеспечения МОДЭН

Литература

1. Лаборатория имитационного моделирования [Электронный ресурс] /Модэн – Режим доступа: <http://energovent.com>. – Дата доступа: 15.05.2016.
2. Строительство и недвижимость [Электронный ресурс] /Редакции/ Моделирование систем и процессов с использованием программного обеспечения МОДЭН – Режим доступа: <http://www.nestor.minsk.by>. – Дата доступа: 15.05.2016.

УДК 662.747

ИСТОРИЯ ГАЗИФИКАЦИИ ТВЕРДЫХ ТОПЛИВ

Ролейно Т.Г., Самойленко Е.В.

Научный руководитель – старший преподаватель Космачёва Э.М.

Газификация – высокотемпературный процесс взаимодействия углерода топлива с окислителями, проводимый с целью получения горючих газов (H_2 , CO , CH_4). В качестве окислителей, которые называют газифицирующими агентами, используют кислород (воздух), водяной пар, диоксид углерода. В зависимости от соотношения исходных реагентов, температуры, продолжительности реакции и других факторов можно получать газовые смеси разного состава.

Первым способом получения синтез-газа из твердого топлива была газификация каменного угля, которая была осуществлена в Англии.

1699 - Dean Clayton получил газ в результате экспериментов с пиролизом угля.

1788 - Robert Gardner получил первый патент, связанный с газификацией.

1792 - первое коммерческое использование генераторного газа. Murdoc использовал газ, полученный из угля, для освещения комнаты в своем доме. Начиная с этого момента, газ из угля многие годы использовался для освещения, приготовления пищи и обогрева.

1801 - Lampodium доказал возможность использования газа, который образуется при производстве древесного угля.

1812 - первый завод по производству газа из угля для освещения Лондона.

1840 - во Франции изготовлен первый коммерческий газогенератор.

1861 - прорыв в технологии газификации связан с разработкой газогенератора Сименса (Siemens).

1878 - газогенераторы успешно использовались с двигателями для получения механической энергии.

1900 - первый газогенератор мощностью 600 л.с. выставлен на Всемирной выставке в Париже. После этого были разработаны газогенераторы мощностью до 5400 л.с.

1901 - J.W. Parker испытал пассажирское движущееся средство с двигателем на генераторном газе.

В течение 1901-1920 были проданы многие установки газогенератор-двигатель для получения механической и электрической энергии.

Значительный толчок в развитии газификации произошел в 1926г., когда Германия, лишенная доступа к нефтяным источникам и располагавшая значительными запасами ископаемого угля, была вынуждена искать пути его превращения в жидкое топливо. Эта проблема была решена путем синтеза углеводородов из монооксида углерода и водорода, который называется с тех пор синтезом Фишера - Тропша по имени ученых, его реализовавших. Смесь CO и H_2 в различных соотношениях, называемая синтез-газом, может быть получена как из угля, так и из любого другого углеродсодержащего сырья.

Нацистская Германия принимает и реализует план перевода существующих автомобилей, в первую очередь военных грузовиков, на генераторный газ из древесины и угля, чтобы получить независимость от импортной нефти.

1939 - около 25000 автомобилей с газогенераторами зарегистрированы в Швеции. Из них 90% были получены путем перевода на газ существующих автомобилей. Почти все из 20000 тракторов работают на генераторном газе. 40 % топлива газогенераторов - древесина, остальное - древесный уголь.

В 30-е годы начинается по указанию Сталина разработка газогенераторных установок в СССР работающих на соломе.

40-е-50-е годы, в СССР массово выпускаются тракторы и грузовики ЗИС-150М, грузоподъемностью 3,5 т. При этом вес газогенераторной установки на указанном грузовике

составлял 460 кг, а расход каменного угля - 66 кг на 100 км пути при движении по шоссе со скоростью 55 км/ч.

1951 - тепловозы ТЭ-1...-4. Работали на Донецком антраците. Выпущено около 20 тепловозов, которые 10 лет работали на Приволжской железной дороге. Расход жидкого топлива был на 70% меньше, т.к. дизтопливо расходовалось только на запуск и прогрев.

1960-1970 - в связи со снижением цен на бензин и дизтопливо интерес к газификации падает.

После 1970 - возобновление интереса к газификации. Разработка мощных газогенераторов для газификации угля в зарубежных странах.

До 2000 г., проведена разработка национальных программ по использованию газификации биомассы для выработки электроэнергии в развитых странах Европы, США, Индии. Осуществлена разработка программ по переходу на «чистый уголь», т.е. газификация угля с последующим сжиганием синтез-газа в газовых турбинах большой мощности (сотни МВт).

2000 и до современности - сотни серийных промышленных энергоустановок газификации угля и биомассы работают во всем мире. Осуществлено строительство крупных электростанций с газификацией углей низкой калорийности в США, Голландии, Испании, Италии (мощностью 250-600 МВт). Одной из первых, начавших свою деятельность в области газификации, была компания Chevron Техасо. Первое предприятие по газификации нефти было построено в 1956 г., а по газификации угля - в 1978 г. Всего с 1978 по 2003 гг. было построено 72 предприятия газификации угля, из которых 23 находятся в США, 23 в Европе и 26 в Азии. Только в Китае построено 14 таких предприятий. Самая мощная станция была построена в Южной Корее в 2000 г. - 950 МВт.

Первое предприятие газификации Shell было построено в 1956 в Нидерландах. К 2003г. предприятия Shell насчитывали уже 85 действующих газификаторов: в Азии - 36 реакторов, в Европе - 28, 21 - в Северной и Южной Америке. Согласно планам Shell намечено реализовать еще 9 крупнейших проектов в разных странах, причем 6 из этих предприятий будет работать на углях.

Самым сконцентрированным местом газификации в мире являются три завода в Южной Африке фирмы Sasol, которые составляли в начале 2000 г. более чем 31% общей мировой мощности газификации. По методу Фишера - Тропша эти заводы производят из угля бензин, газойль и парафины, в общей сложности около 5 млн. т. в год жидких углеводородов.

Литература

1. Бекаев, Л.С. Мировая энергетика и переход к устойчивому развитию / Л.С. Бекаев, О.В. Марченко, С.П. Пинегин и др. – Новосибирск: Наука, 2000. – 300 с.
2. Зорина Т.И. и др. Современные тенденции развития технологии газификации твердого топлива. /Химия твердого топлива. - 1986.- №3.-с.82-93.
3. Шиллинг Г.-Д., Бонн Б., Краус У. Газификация угля / Пер. с нем. и ред. С.Р. Исламова – М: Недра, 1986 – 175 с.
4. <https://alternativenergy.ru/knigi/002/224-gazifikaciya-tverdogo-topliva.html>

УДК 66.01(076)

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ ТРУБЧАТОГО ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА

Прокопенко К.В., Шевандо А.А.

Научный руководитель – старший преподаватель Космачёва Э.М.

Проектирование теплообменных аппаратов, входящих в теплотехнологическую систему, должно быть подчинено основной задаче – обеспечению их высокой экономической эффективности. Характеристику такой эффективности дает универсальный технико-экономический критерий – минимум приведенных затрат Π , которые учитывают капитальные вложения K на изготовление аппарата и его монтаж, эксплуатационные затраты $\mathcal{E}$ и нормативный срок окупаемости – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений E

$$KO = \min(\Pi) = \min(EK + \mathcal{E}), \text{ руб/год} \quad (1)$$

Скорость теплоносителя в трубах теплообменного аппарата является аргументом, определяющим интенсивность теплообмена, а значит для заданной тепловой нагрузки величину поверхности теплообмена аппарата и, как следствие, габариты, металлоемкость и стоимость его. В то же время от скорости теплоносителя (движущего напора) зависит мощность насоса, то есть расход электроэнергии на его привод, что при неизменных расходах теплоносителей и их стоимости, в основном предопределяет эксплуатационные затраты на теплообменную установку. Выбор оптимального варианта скорости теплоносителя предполагает многовариантные расчеты и поэтому выполняется, как правило, с помощью ПЭВМ, например, программы Excel.

Расчеты выполнены для сетевого подогревателя с тепловой нагрузкой $Q = 3 \text{ МВт}$ (температурный режим воды 110/70 °С, давление пара 0,5 МПа) по следующей методике.

Число труб в одном ходу конденсатора

$$n = \frac{4G_B}{\pi d_{BH}^2 \rho_B w_B}, \quad (2)$$

где G_B – расход сетевой воды, кг/с; ρ_B – плотность воды при средней ее температуре, кг/м³; d_{BH} – внутренний диаметр труб, м (приняты трубы диаметром 20х2 мм); w_B – варьируемая скорость воды в трубах теплообменника, м/с.

Расчеты коэффициентов теплоотдачи от пара к поверхности трубы α_{Π} , от трубы к воде α_B и коэффициента теплопередачи k осуществлялись по классическим методикам теории теплообмена, а поверхность теплообмена аппарата по формуле

$$F = \frac{Q}{k \Delta t_{cp}}, \text{ м}^2, \quad (3)$$

где Δt_{cp} – средний температурный напор в конденсаторе, °С.

Общее гидравлическое сопротивление теплообменного аппарата по трубному пространству

$$\Delta P = \left(\frac{\lambda_{тр} L}{d_{BH}} + \sum \xi \right) \Delta P_{д}, \text{ Па}, \quad (4)$$

где L - длина труб, $L = \frac{F}{\pi d_{\text{ср}} n z}$, м; $\lambda_{\text{тр}}$ - коэффициент трения стальных труб,

$\lambda_{\text{тр}} = \frac{0,316}{\text{Re}^{0,25}}$; $\Delta P_{\text{д}}$ - динамический напор воды в трубах, $\Delta P_{\text{д}} = \frac{w_{\text{в}}^2 \rho_{\text{в}}}{2}$, Па;

$\sum \xi$ - суммарный коэффициент местных сопротивлений, $\sum \xi = (\xi_1 + \xi_2 + \xi_3 + \xi_4) z + \xi_5 (z - 1)$, где z - число ходов в теплообменном аппарате; ξ - местное сопротивление: ξ_1 - вход воды в камеру, ξ_2 - вход воды в трубы, ξ_3 - выход воды из труб, ξ_4 - выход воды из камеры, ξ_5 - поворот на 180° из хода в ход. Из [1] $\xi_1 = \xi_4 = 1,5$; $\xi_2 = \xi_3 = 1,0$; $\xi_5 = 2,5$.

Мощность насоса, подающего воду в теплообменник,

$$N_{\text{э}} = \frac{G_{\text{в}} \Delta P 10^{-3}}{\rho_{\text{в}} \eta_{\text{н}} \eta_{\text{эд}}}, \text{ кВт}, \quad (5)$$

где $\eta_{\text{н}}$ и $\eta_{\text{эд}}$ - КПД насоса и электродвигателя, приняты $\eta_{\text{н}} = 0,87$ и $\eta_{\text{эд}} = 0,98$.

Годовой расход электроэнергии на перекачку воды

$$\Xi = N_{\text{э}} \tau, \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{год}}, \quad (6)$$

где τ число часов использования мощности насоса, принято $\tau = 4500$ ч/год.

Начальная стоимость теплообменного аппарата

$$K = \Pi_{\text{Т.А}} \cdot F, \text{ млн. руб}, \quad (7)$$

где $\Pi_{\text{Т.А}}$ - стоимость 1 м^2 поверхности нагрева теплообменного аппарата, принята в расчетах $\Pi_{\text{Т.А}} = 2$ млн. руб/ м^2 . При расчете условно принято, что капиталовложения по насосной установке остаются постоянными при изменении скорости воды в трубах теплообменника.

Ежегодные эксплуатационные расходы, учитываемые при оптимизационных расчетах

$$S = k_{\text{а}} K + \Pi_{\text{э}} \cdot \Xi, \text{ млн. руб/год}, \quad (8)$$

где $k_{\text{а}}$ - доля годовых отчислений на амортизацию и текущий ремонт теплообменника, $k_{\text{а}} = 0,10$; $\Pi_{\text{э}}$ - стоимость электроэнергии, на период проведения исследований $\Pi_{\text{э}} \approx 2500 \text{ руб}/(\text{кВт} \cdot \text{ч})$.

Ежегодные приведенные затраты

$$\Pi = E K + S, \text{ млн. руб/год}, \quad (9)$$

где E - нормативный коэффициент эффективности, $E = 0,15$.

По вышеописанной методике проведено аналитическое исследование зависимости годовых отчислений на амортизацию и текущий ремонт аппарата, эксплуатационных расходов и ежегодных приведенных затрат для нескольких значений скорости воды в трубах теплообменника. На основании результатов расчета построены графики зависимостей

$EK = f(w_B)$, $S = f(w_B)$, и $\Pi = f(w_B)$ (рисунок 1) и определена оптимальная скорость воды в аппарате, соответствующая минимуму приведенных затрат, которая для принятых исходных данных составила $w_B^{OPT} = 0,8...0,9$ м/с.

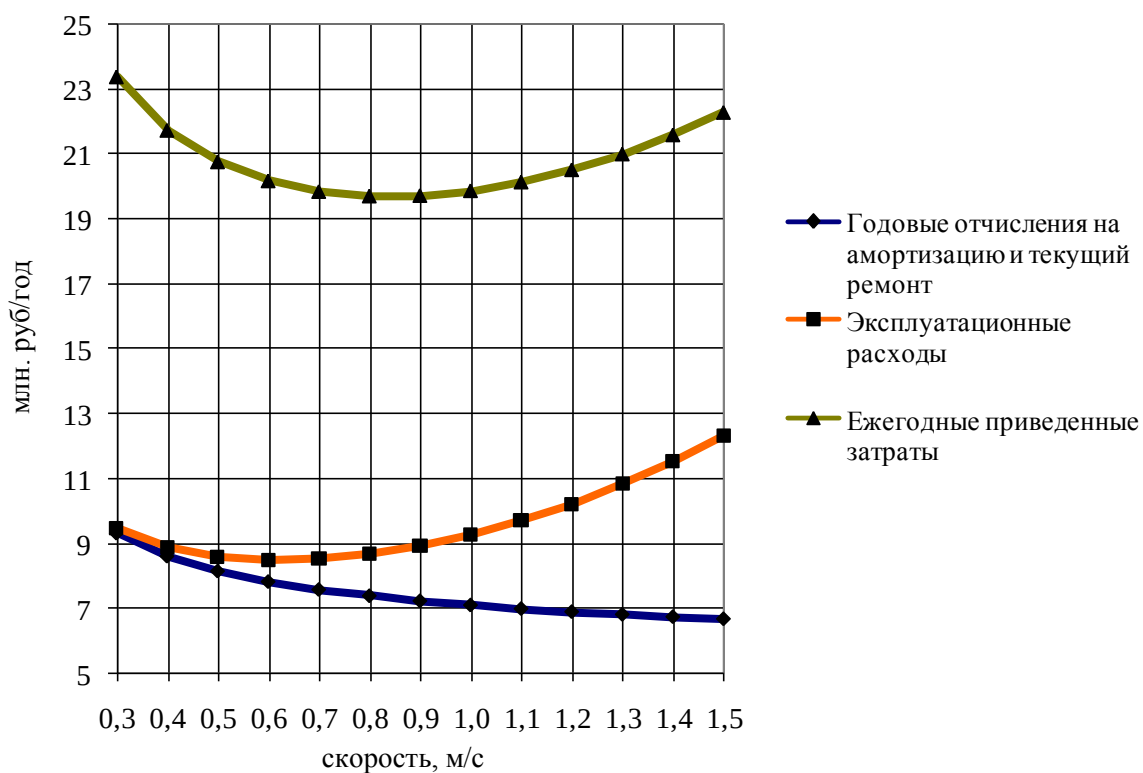


Рисунок 1 - Зависимость ежегодных приведенных затрат от скорости теплоносителя в трубах теплообменного аппарата

Литература

1. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов / Ю.И. Дытнерский. – 2-е изд. – М.: Химия, 1995. – 400 с.

УДК 66-93

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ УСТАНОВКИ ПО ПЕРЕГОНКЕ БИНАРНОЙ СМЕСИ ВЗАИМОРАСТВОРИМЫХ КОМПОНЕНТОВ

Османов К.О., Хатянович П.П.

Научный руководитель – старший преподаватель Космачёва Э.М.

Ректификация – это разделение жидкой смеси компонентов с различными летучестями в результате противоточного движения жидкой и паровой фаз, в процессе которого пары смеси, соприкасаясь с несколько более холодной жидкой смесью, имеющей большее содержание летучего компонента, конденсируются; за счет выделяющейся теплоты фазового перехода образуются пары, обогащенные летучим компонентом, которые в свою очередь контактируют с жидкостью, конденсируются, и происходит образование паров с еще большим содержанием летучего и т.д.

Процесс разделения компонентов, различающихся степенью летучести, проводится в ректификационной колонне, являющейся основным аппаратом ректификационной установки (рисунок 1).

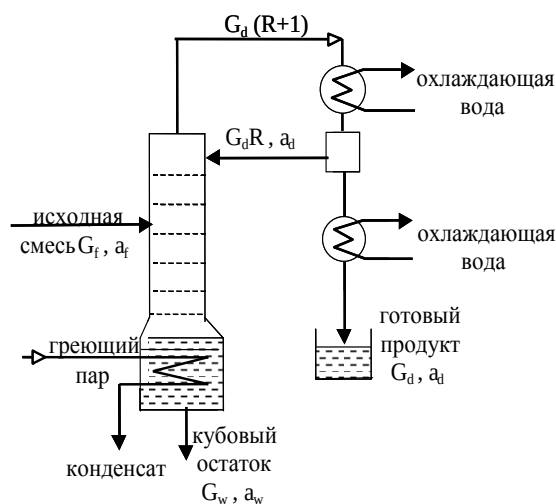


Рисунок 1 - Принципиальная схема ректификационной установки

Для обогащения паров летучим компонентом на верхнюю тарелку колонны непрерывно подается жидкость с высоким содержанием летучего (флегма), полученная в результате частичной конденсации паров, выходящих из колонны. Ее расход определяется флегмовым числом R – количеством флегмы на единицу готового продукта. Минимальное число флегмы $R_{\min}$ определяется достижением равновесия фаз во входном сечении ректификационного аппарата:

$$R_{\min} = \frac{x_d - y_f^*}{y_f^* - x_f}, \quad (1)$$

где x_d – молярная доля летучего компонента в дистилляте (готовом продукте); x_f – то же в исходной жидкости (питании) колонны; y_f^* – то же в паре, равновесном с жидкостью питания.

Рабочее (действительное) флегмовое число $R > R_{\min}$. От значения R зависят капитальные затраты и эксплуатационные расходы на ректификацию (рисунок 2). Эксплуатационные расходы (линия 1) прямо пропорциональны R и определяются расходом теплоносителя (греющего пара) на испарение жидкости в кубе-испарителе. Капитальные затраты (кривая 2)

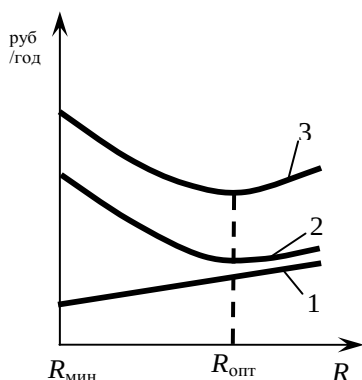


Рисунок 2 - Определение оптимального флегмового числа по минимуму приведенных затрат на ректификацию

в зависимости от R имеют минимум, соответствующий минимальному рабочему объему колонны. Суммарные (приведенные) затраты в зависимости от значения флегмового числа (кривая 3) также будут иметь минимум, который в общем случае не совпадает с минимумом капитальных затрат.

В работе проанализировано поведение величины рабочего объема колонны при изменении флегмового числа и определена величина флегмового числа, соответствующая минимальному объему колонны. За основу выбраны следующие характеристики процесса перегонки: вид бинарной смеси – этанол-вода; производительность установки по исходной смеси $G_f = 1$ т/ч; массовые концентрации летучего компонента в исходной смеси $a_f = 15\%$, готовом продукте $a_d = 90\%$ и кубовом остатке $a_w = 1\%$.

Объем активной, занятой контактными устройствами (тарелками), части колонны

$$V = S \cdot H = S h (n - 1) \quad (2)$$

где S – площадь сечения колонны; H – высота активной части колонны; h – расстояние между тарелками; n – действительное количество тарелок.

С увеличением флегмового числа площадь сечения колонны согласно уравнению неразрывности потока паров (3), поднимающихся по колонне вверх, увеличивается

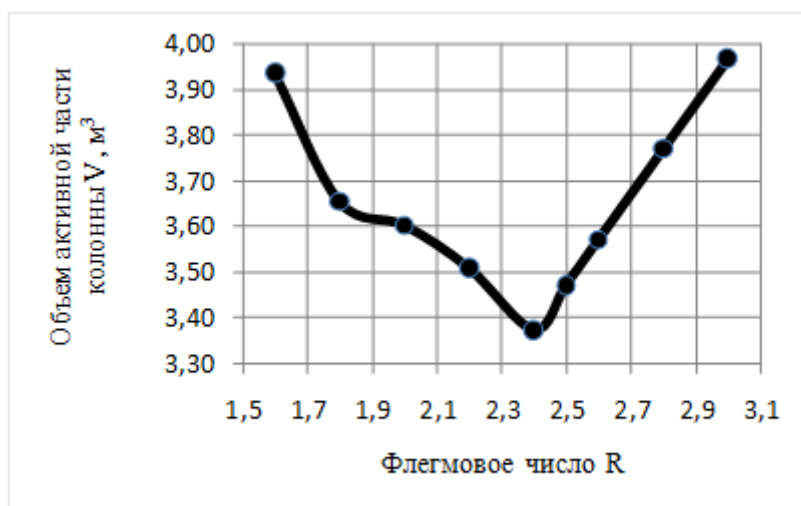
$$S = \frac{G_d (R + 1)}{\rho_n w_n}, \quad (3)$$

при этом скорость паров w_n , отнесенная к полному поперечному сечению колонны должна быть оптимальна во всех режимах, т.е. обеспечивать максимальное совершенство процессов тепло- и массообмена на тарелке [1]. В уравнении (3) G_d – массовая производительность установки по готовому продукту; $G_d (R + 1)$ – расход паров, движущихся по колонне вверх, считая его одинаковым в любом сечении колонны; ρ_n – плотность паров.

Теоретическое число тарелок n_t в ректификационной колонне для различных значений флегмового числа R определялось традиционным в инженерной практике графоаналитическим методом с помощью диаграммы равновесия смеси, а действительное их число с учетом несовершенства процессов тепло- и массообмена в реальных условиях по формуле $n = n_t / \eta$, где η – КПД тарелки (для всех вариантов принят $\eta = 0,5$). Результаты исследований представлены в таблице 1 и на рисунке 3.

Таблица 1 – Результаты исследований зависимости активного объема колонны для перегонки бинарной смеси этанол – вода от величины рабочего флегмового числа

Наименование параметра	Обозначение	Размерность	Флегмовое число								
			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
			1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,5	2,6	2,8	3
Теоретическое число тарелок	n_t	-	15	13	12	11	10	10	10	10	10
Действительное число тарелок	n	-	30	26	24	22	20	20	20	20	20
Площадь сечения колонны	S	м2	0,45	0,49	0,52	0,56	0,59	0,61	0,63	0,66	0,70
Объем активной части колонны	V	м3	3,94	3,66	3,60	3,51	3,37	3,47	3,57	3,77	3,97



Как показали исследования, проведенные по описанной выше методике и представленные в таблице 1 и на рисунке 3 для рассмотренной бинарной смеси взаиморастворимых компонентов, коэффициент избытка флегмы φ (по отношению к минимальному флегмовому числу $R_{\min} = 1,26$), при котором достигается минимальный активный объем колонны $V = 3,37 \text{ м}^3$, составляет $\varphi = R/R_{\min} = 2,4/1,26 = 1,9$.

Литература

1. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов / Ю.И. Дытнерский. – 2-е изд. – М.: Химия, 1995. – 400 с.
2. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи): учебное пособие для вузов / П.Г. Романков [и др.]; под общ. Ред. П.Г. Романкова. - СПб.: Химия, 1993. – 576 с.

УДК 620.9(075.8)

СОЛНЕЧНЫЕ ДОРОГИ

Ролейно Т.Г., Самойленко Е.В.

Научный руководитель – старший преподаватель Космачёва Э.М.

Идея создать Солнечную Дорогу (SolarRoadway) пришла инженерам Джули и Скотту Брюсау, когда весь мир всерьез обеспокоился проблемой глобального потепления. Концепция заключается в том, чтобы заменить асфальт и бетон на дорогах модульными панелями, обладающими функциями солнечных батарей, координаторов движения и прочими полезностями.

Солнечная батарея – несколько объединённых фотоэлектрических преобразователей (фотоэлементов) – полупроводниковых устройств, прямо преобразующих солнечную энергию в постоянный электрический ток. Конструктивно фотоэлектрический солнечный модуль представляет собой электрически соединенные между собой фотоэлементы, имеющие выходные клеммы для подключения нагрузок. Каждый фотоэлемент содержит в себе 2 полупроводниковых слоя: положительный и отрицательный. На один слой кремния наносится определенное вещество, благодаря которому появляется избыток электронов. Так образуется отрицательно заряженный n-слой. На другом слое создается недостаток электронов, и он становится положительно заряженным (p-слой). В комбинации с проводниками эти n- и p-поверхности образуют светочувствительный электронно-дырочный переход. При попадании фотона света на фотоэлемент, создается электродвижущая сила, создающая во внешнем контуре направленное движение электронов, то, что мы обычно называем электрическим током. Сила тока (ампер) пропорциональна световой энергии (количеству фотонов) и размеру солнечного элемента. Сейчас фотоэлементы изготавливают из самых различных материалов, используя широкий набор технологий и подходов к производству. Однако, принцип их работы, основанный на использовании фотогальванического эффекта – повышении разности потенциалов в полупроводнике с p-n переходом под воздействием квантов солнечного света, остается единым. Правильно смонтированная солнечная батарея будет надежным, экологичным источником энергии в течение долгих лет. Все фотоэлементы можно разделить на две основные группы – кристаллические кремниевые и тонкопленочные.

Кристаллические кремниевые фотоэлементы состоят из двух слоев: внутреннего, изготавливаемого из сверхчистого кристаллического кремния и внешнего – из «загрязненного» кремния, получаемого путем добавления к основному материалу определенного количества примесей, например, фосфора. Верхний слой p-n перехода, который обладает избытком электронов, соединен с металлическими пластинами, выполняющими роль положительного электрода, пропускающими свет и придающими элементу дополнительную жесткость. Нижний слой в конструкции солнечной батареи имеет недостаток электронов и к нему приклеена сплошная металлическая пластина, выполняющая функцию отрицательного электрода.

Технология, по которой изготовлена солнечная батарея, влияет на её КПД. Считается, что в идеале солнечная батарея имеет близкий к 20 % КПД. Однако, на практике и по данным специалистов он примерно равен всего 10 %. При этом для некоторых солнечных батарей их КПД больше, для иных – меньше. В основном это зависит от технологии, по которой выполнен p-n переход. Самыми ходовыми и имеющими наибольший КПД продолжают являться солнечные батареи, изготовленные на основе монокристалла или поликристалла кремния. Причем вторые из-за относительной дешевизны становятся все распространеннее. К какому типу конструкции относится солнечная батарея, можно определить невооруженным глазом. Монокристаллические светопреобразователи имеют исключительно чёрно-серый цвет, а модели на основе поликристалла кремния выделяют синяя поверхность. Поликристаллические солнечные батареи, изготавливаемые методом

литня, оказались более дешевыми в производстве. Однако и у поли- и монокристаллических пластин есть один недостаток — конструкции солнечных батарей на их основе не обладают гибкостью, которая в некоторых случаях не помешает.

Ситуация изменилась с появлением в 1975 году солнечной батареи на основе аморфного кремния, активный элемент которых имеет толщину от 0,5 до 1 мкм, обеспечивая им гибкость. Толщина обычных кремниевых элементов достигает 300 мкм. Однако, несмотря на светопоглощаемость аморфного кремния, которая примерно в 20 раз выше, чем у обычного, эффективность солнечных батарей такого типа (КПД) не превышает 12 %. Для моно- и поликристаллических вариантов он может достигать 17 % и 15 %, соответственно.

Мощность потока солнечного излучения на входе в атмосферу Земли составляет около 1366 ватт на квадратный метр. В то же время, удельная мощность солнечного излучения в Европе в очень облачную погоду даже днём может быть менее 100 Вт/м². С помощью распространённых промышленно производимых солнечных батарей можно преобразовать эту энергию в электричество с эффективностью 9...24 %. При этом цена батареи составит около 1...3 долларов США за Ватт номинальной мощности. При промышленной генерации электричества с помощью фотоэлементов цена за кВт·ч составит 0,25 доллара. По мнению Европейской Ассоциации Фотовольтаики (EPIA), к 2020 году стоимость электроэнергии, вырабатываемой «солнечными» системами, снизится до уровня менее 0,10 € за кВт·ч для промышленных установок и менее 0,15 € за кВт·ч для установок в жилых зданиях [1].

У предпринимателей Скотта и Джулии Брушоу родилась потрясающая идея. Что, если бы все дорожное покрытие могло производить электроэнергию с помощью солнца? Работая в небольших городах в штате Айдахо, супруги Брушоу при поддержке Министерства транспорта США и краудфандингового веб-сайта Indiegogo спроектировали футуристические шоссе. Их солнечные дороги — это сотовые конструкции из соединённых между собой шестиугольников с особой стеклянной поверхностью, выдерживающей нагрузки современных автомагистралей.

Каждая пластина состоит из четырёх слоев: верхний слой — переработанное стекло, под ним — светодиоды, третий — технологический слой и нижний — несущая конструкция, изготовленная из продуктов вторичной переработки. Панели выдерживают массу в 113 тонн и имеют форму шестиугольников, каждый из которых вырабатывает до 7,6 кВт·ч в день. Супруги Брюсау утверждают, что если покрыть такими солнечными панелями все дороги США, они будут вырабатывать в 3 раза больше энергии, чем потребляет все население Америки.

Эта солнечная дорога не только революционна в вопросах новых источников энергии, она так же умна, ибо напичкана не только фотоэлементами, но и светодиодами и микросхемами. Например, если в тёмное время суток на неё наступит человек, то он окажется подсвеченным снизу и за 200 метров от него по обе стороны на солнечной дороге высветится надпись «снижаем скорость, прямо по курсу пешеход».

Дорожная солнечная панель может быть также оснащена системой подогрева для защиты покрытия от снега и льда. В будущем электромобили смогут заряжать свои аккумуляторы, получая питание прямо с покрытия или на парковках, что сделает электрический транспорт более практичным. Панели могут стать основой «умной» дороги, которая сама будет следить за безопасностью движения, предотвращать образование пробок. Еще фантастичнее выглядит идея покрыть такими панелями все дороги между штатами Америки. По подсчетам SolarRoadways на это потребуется 5 млрд. дорожных солнечных панелей, которые полностью покроют энергетические потребности США.

Итак, преимущества Солнечной Дороги:

1. Энергоэффективность и возобновляемость энергии: панели работают по принципу солнечных батарей, они превращают солнечный свет в электричество.
2. Дешевая электроэнергия: получается, что построенная Солнечная Дорога, окупает сама себя. А затраты на ее обслуживание в разы меньше, чем обслуживание обычных дорог.

3. Безопасность на дорогах: панели определяют вес предмета, находящегося на их поверхности, и распознают машина это или человек (животное), переходящий дорогу. Потом панель передает сигнал о пешеходе другим модулям, дорога вокруг пешехода начинает светиться, предупреждая водителя.
4. Модульность: каждая панель оснащена системой оповещения о неполадках, как только на ней появится малейшее повреждение, она тут же сообщит об этом в центр управления, а для ее замены потребуется всего один человек.
5. Очищение от снега: панели могут нагреваться, избавляясь от снега самостоятельно. Растаявшая вода стекает в резервуары сбоку дороги, а оттуда в стоки. Таким образом, дороги всегда расчищены, а лед на них образоваться не может.
6. Экологичность: сами по себе панели изготовлены по большей мере из переработанного пластика, но и их работа не несет вреда окружающей среде.
7. Минимальные потери вырабатываемой энергии: каждый участок Солнечной Дороги снабжает близлежащие дома или производства.

Безусловно, разработка достойна внимания! Однако дороговизна (\$7 000 за одну модульную панель) делает ее применение на практике нерациональной в рамках строительства небольших масштабов. Для таких проектов существуют более применяемые и эргономичные технологии, например, солнечные накопители.

В Нидерландах появилась первая в мире велосипедная дорожка из солнечных панелей. В ходе строительных работ был открыт 70-метровый участок дороги, являющейся частью проекта SolaRoad по созданию энергопродуцирующих дорог общего пользования.

К 2016 году протяженность солнечной велодорожки в городке Кроммени, расположенном в 25 километрах от столицы Нидерландов, увеличится еще на 100 метров. Полученной таким способом энергии хватит, чтобы обеспечить электричеством три жилых дома поблизости. Велодорожка состоит из бетонных плит со встроенными солнечными модулями с высокопрочным покрытием из стекла.

На производительность дороги влияют такие факторы, как угол падения солнечных лучей, грязь и пыль. Разработчики говорят, что дорожный модуль производит на 30 процентов меньше электричества, чем аналогичный на крыше здания. Тем не менее, смысл в таких солнечных установках есть – они дополняют уже существующие дорожные сооружения.

По оценкам компании, солнечные дороги способны окупить себя за 20 лет.

Правительство Франции одобрило проект по покрытию дорог общего пользования солнечными батареями – в ближайшие 5 лет в стране будет построено 1000 километров полотна из прочных фотоэлектрических панелей. Разработка проекта велась на протяжении нескольких последних лет по инициативе Национального института солнечной энергии. Многие эксперты отнеслись к идее скептически (вопросы были к стоимости, безопасности и малой эффективности по сравнению с батареями на более открытых участках), но зеленый свет все же был получен.

Так, дороги будут строиться из панелей Wattway – с укрепленной конструкцией и 15-сантиметровыми фотоэлектрическими блоками из тонкой пленки поликристаллического кремния на покрытой смолой подложке. Толщина Wattway составляет всего 7 мм. Разработчики уверяют, что сверхтонкие панели способны адаптироваться к температурной деформации дороги и, благодаря слоистой структуре, как минимум не уступают традиционным покрытиям в части сцепных свойств (проще говоря, никаких специальных покрышек не требуется). Кроме того, первые испытания такого полотна показали абсолютное безразличие к массе машин и достаточную износостойкость. Делается все это

ради обеспечения возобновляемыми источниками энергии около 5 млн. человек (или около 8% населения Франции). По расчетам авторов, «солнечные» дороги будут заняты автомобилями всего около 10% времени, причем лишь 20 квадратных метров покрытия позволяют обеспечить электроэнергией (если речь не об отоплении) один «средний» дом.

Еще одно изобретение – велосипед на солнечной энергии. Колеса Solarbike оснащены с обеих сторон солнечными панелями, которые обеспечивают энергией аккумулятор велосипеда, прикрепленный к раме на месте, где обычно располагается фляга. Осуществить проект удалось благодаря современным солнечным батареям, способным поглощать достаточное количество света даже под неудобным углом к солнцу. Полностью заряженный аккумулятор Solarbike обеспечивает запас хода в 70 км, а максимальная скорость электровелосипеда составляет 50 км/ч.

Литература

- 1.<https://ru.wikipedia.org/wiki>
- 2.Танака, С. Жилые дома с автономным солнечным теплохладоснабжением / С. Танака, Р. Суда, – Москва: Стройиздат, 1989. – 163 с.

УДК 66.011

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТРУЙНОГО КОМПРЕССОРА В УСТАНОВКЕ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ВОДНОГО РАСТВОРА ВЕЩЕСТВА

Османов К.О., Хатянович П.П.

Научный руководитель – старший преподаватель Космачёва Э.М.

Давно известно и применяется сжатие вторичного пара пароструйными компрессорами. Выпаривание является первым производственным процессом, в котором трансформаторы тепла получили применение и распространение. Это объясняется следующими благоприятными обстоятельствами:

- а) при выпаривании на 1 кг рабочего пара получается около 1 кг вторичного пара;
- б) параметры первичного и вторичного пара при малых температурных депрессиях достаточно близки, поэтому необходимая степень сжатия невелика;
- в) вторичный пар после компрессии является греющим паром и используется в этом же аппарате.

Турбокомпрессоры для сжатия вторичного пара выпарных установок малоперспективны из-за их сложности и высокой стоимости. Дешевыми и надежными устройствами являются струйные компрессоры – инжекторы, подключенные к выпарному аппарату по одной из двух схем (рисунок 1). По схеме 1, а) весь вторичный пар сжимают до давления, равного давлению его в греющей камере. До этого же давления расширяется рабочий пар в сопле инжектора. Так как количество смешанного (рабочего и вторичного) пара превышает количество пара, необходимое для поддержания производительности выпарного аппарата, часть сжатого пара $D_{изб}$ может быть использована другими потребителями тепла. Если для них могут оказаться достаточными параметры вторичного пара из выпарного аппарата, то в этом случае более экономична схема, изображенная на рисунке 1, б). По этой схеме только часть вторичного пара сжимается в струйном компрессоре, а избыточный пар подается потребителю (например, во второй корпус установки).

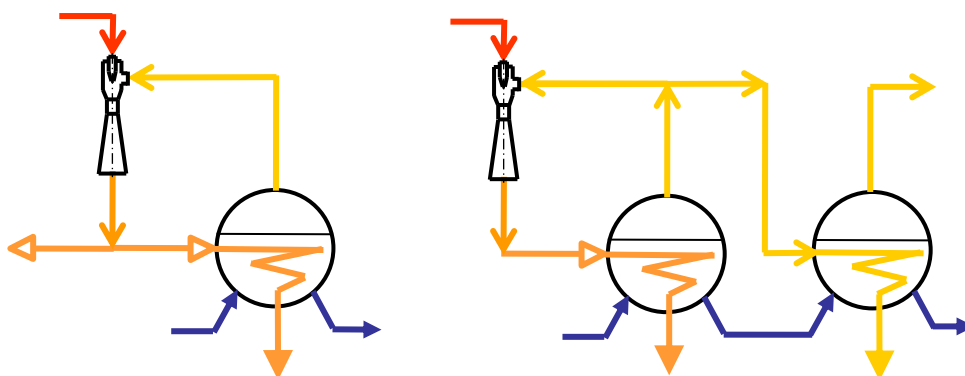


Рисунок 1 - Схема выпарных установок с парожеткорным тепловым

Можно доказать аналитически, что расход рабочего пара при работе установки по схеме рисунок 1, а) в $\frac{u+1}{u}$ раз больше, чем при работе по схеме рисунок 1, б), где u – коэффициент инжекции (см. ниже). Если, однако, учесть, что при работе по схеме рисунок 1, б) несжимаемая доля вторичного пара из-за низких его параметров часто не

находит потребителя и направляется в конденсатор, то для большинства случаев схема рисунок 1, а) окажется более экономичной.

Рабочий пар высокого давления p_p поступает в струйный аппарат, расширяется в сопле инжектора и засасывает вторичный пар давлением $p_{вт}$ (рисунок 2). Из инжектора выходит смесь паров при некотором среднем давлении p_c . Таким образом, при сжатии инжектируемого пара одновременно повышается его температура, а, следовательно, и энтальпия. Степень повышения давления в таких аппаратах сравнительно невелика $p_c/p_{вт} = 1,2...4,0$.

Процесс в струйном аппарате в i, s - диаграмме изображен на рисунке 3. Рабочий поток с параметрами p_p, t_p (точка А) расширяется в сопле от давления p_p до давления p_k (точка В). Инжектируемый пар с давлением $p_{вт}$ (точка К) расширяется на выходном участке камеры смешения до давления p_k (точка М). В камере смешения происходит выравнивание скоростей рабочего и инжектируемого пара и частичное повышение давления смешиваемых потоков (точка N). Смешанный поток поступает в диффузор, где происходит преобразование кинетической энергии во внутреннюю – повышаются давление и энтальпия смешанного потока. Конечное состояние пара, выходящего из компрессора, характеризуется параметрами p_c и

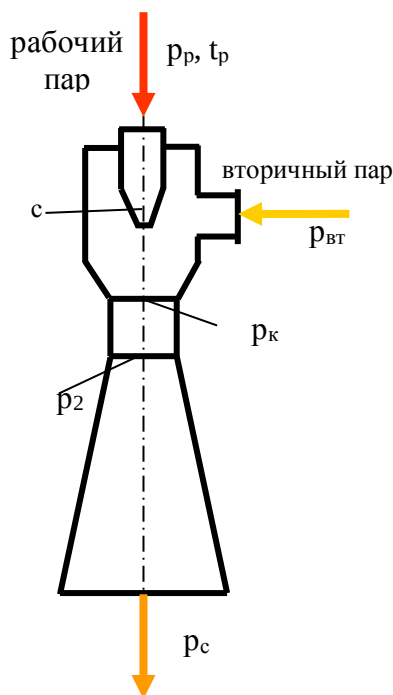


Рисунок 2 – Принципиальная схема струйного теплового насоса

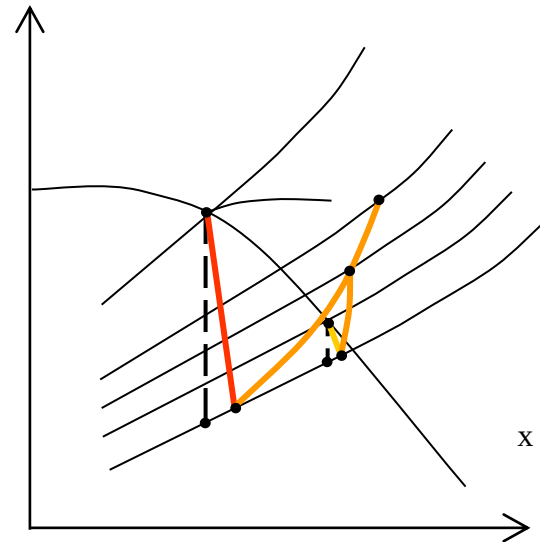


Рисунок 3 – Процессы в струйном аппарате

i_c (точка С).

Из уравнения энергетического баланса компрессора

$$G_p i_p + G_{вт} i_{вт} = (G_p + G_{вт}) i_c \quad (1)$$

следует, что

$$\frac{G_{вт}}{G_p} = \frac{i_p - i_c}{i_c - i_{вт}}, \quad (2)$$

где $G_{вт}/G_p = u$ - коэффициент инжекции (отношение количества, засасываемого вторичного пара $G_{вт}$ к количеству рабочего пара высокого давления G_p).

Анализ характеристик струйного компрессора (коэффициента инжекции, КПД пароструйного инжектора и расхода свежего пара) проведен для различных давлений рабочего тела (0,6...1,0 МПа) при следующих параметрах выпарного аппарата:

- расход выпариваемой воды (вторичного пара) $D_{\text{вт}} = 0,6$ кг/с;
- абсолютное давление в аппарате $p_{\text{вт}} = 0,2$ МПа;
- абсолютное давление греющего пара $p_{\text{гр}} = 0,3$ МПа;
- пар греющий и вторичный – сухой насыщенный.

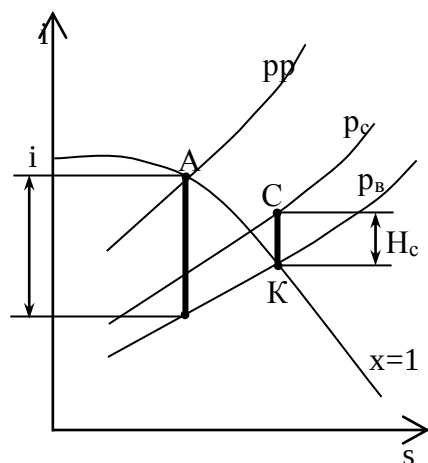


Рисунок 4 – Процессы сжатия и расширения в струйном аппарате

$\eta_1 = 0,9$; $\eta_2 = 0,8$; $\eta_3 = 0,7...0,8$.

Многовариантные расчеты проведены по следующей методике. По i, s – диаграмме водяного пара (рисунок 5) находятся адиабатные перепады при расширении рабочего пара от $p_p = \text{var}$ до $p_{\text{вт}}$ $H_p = i_A - i_O$, а также при сжатии вторичного пара от $p_{\text{вт}}$ до $p_{\text{гр}} = p_c$ $H_c = i_{C'} - i_K$.

Коэффициент инжекции

$$u = \sqrt{\eta_a H_p / H_c} - 1, \quad (3)$$

где η_a – внешний КПД инжектора, равный, $\eta_a = \eta_1 \eta_2 \eta_3$, здесь η_1 , η_2 и η_3 – КПД сопла, камеры смешения и диффузора; при расчетах приняты

Энтальпия смеси паров после инжектора составляет

$$i_c = \frac{i_p + u i_{\text{вт}}}{1 + u}, \quad (4)$$

где $i_p = i_A = \text{var}$; $i_{\text{вт}} = i_K$ (определяется по $p_{\text{вт}}$).

Расход греющего пара

$$D_{\text{гр}} = \frac{D_{\text{вт}}}{\eta}, \quad (5)$$

где η – коэффициент, учитывающий тепловые потери в окружающую среду и неравенство теплоты парообразования греющего и вторичного пара ($\eta = 0,85...0,88$).

Расход рабочего пара

$$D_p = \frac{D_{\text{гр}}}{u + 1} \quad (6)$$

Расход засасываемого инжектором вторичного пара

$$D_{\text{инж}} = D_{\text{гр}} - D_p \quad (7)$$

Остальное количество вторичного пара, равное $D_{\text{вт}} - D_{\text{инж}}$, не подвергается термокомпрессии и может быть использовано в следующем корпусе многокорпусной выпарной установки (рисунок 1, б).

КПД струйного компрессора определяется как отношение полезной работы повышения энтальпии инжектируемого потока к работе, затраченной инжектирующим (рабочим) потоком

$$\eta_K = \frac{u H_c}{H_p - H_c} \quad (8)$$

На основании расчетов построены зависимости $u = f_1(p_p)$ (рисунок 5), $D_p = f_2(p_p)$ (рисунок 6) и $\eta_K = f_3(p_p)$ (рисунок 7). Характер зависимости КПД струйного компрессора от давления рабочего пара позволяет сделать вывод о нецелесообразности повышения указанного давления выше 0,8 МПа, так как это не приводит к пропорциональному

Рисунок 7 - Зависимость КПД струйного компрессора от давления рабочего пара

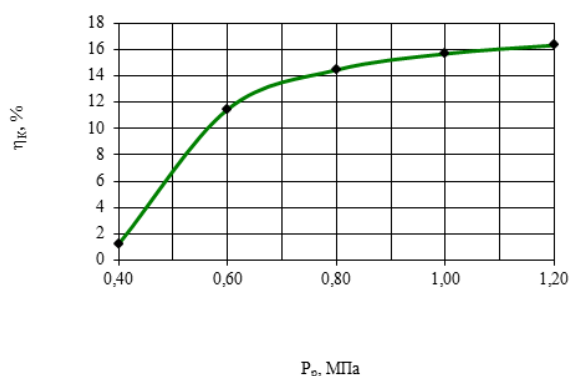


Рисунок 6 - Зависимость расхода рабочего пара на инжектор от его давления

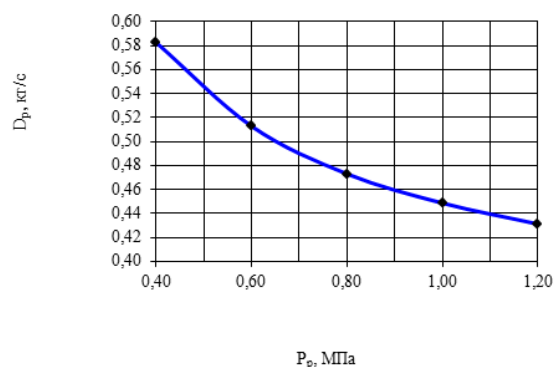
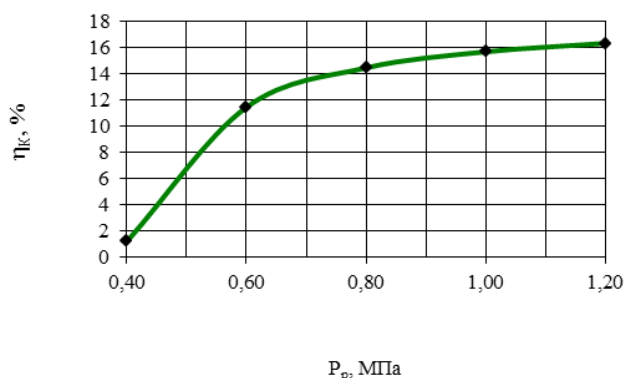


Рисунок 7 - Зависимость КПД струйного компрессора от давления рабочего пара



повышению эффективности компримирующего устройства.

Литература

1. Баранов, Д.А. Процессы и аппараты: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Д.А. Баранов, А.М. Кутепов. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 304 с.
2. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов / Ю.И. Дытнерский. – 2-е изд. – М.: Химия, 1995. – 400 с.
3. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи): учебное пособие для вузов / П.Г. Романков [и др.]; под общ. Ред. П.Г. Романкова. - СПб.: Химия, 1993. – 576 с.

УДК 658.264

ВЫБОР ВАРИАНТА ТЕПЛОИСТОЧНИКА ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ СООО «ПП ПОЛЕСЬЕ»

Ковалёва К. И.

Научный руководитель – м.т.н., ассистент Бобич А.А.

Важнейшей стратегической задачей любого промышленного предприятия является сохранение долгосрочной конкурентоспособности. Для реализации этой задачи необходимо постоянное сокращение энергоёмкости производства, что в результате ведёт к снижению себестоимости продукции. Одним из этапов снижения затрат предприятия на энергетические ресурсы может быть создание собственного энергогенерирующего источника, использующего возобновляемые источники энергии, что обеспечивает одновременно снижение и импорта природного газа, и финансовых затрат на энергообеспечение предприятий. Однако, при выборе варианта энергогенерирующего источника необходимо учитывать комплекс аргументов, которые, в большей или меньшей степени, влияют на эффективность энергообеспечения предприятия и снижение энергетической составляющей себестоимости продукции. Учёт перечисленных факторов позволяет сделать вывод о целесообразности реализации проекта.

Целью работы является рассмотрение нескольких альтернативных вариантов строительства генерирующего источника для теплоснабжения реконструируемых зданий в г. Пинске, предназначенных для размещения филиала сборочного производства детских игрушек завода пластмассовых изделий СООО «ПП Полесье» расположенного в г. Кобрин.

Для функционирования предприятия необходима электроэнергия для нужд технологии, освещения и тепловая энергия на нужды отопления, вентиляции и горячего водоснабжения.

Величина потока потребляемой электрической мощности составляет до 0,9 МВт в рабочее время отопительного и межотопительного периодов и отсутствует в нерабочее время.

Тепловая нагрузка сугубо отопительная, носит сезонный характер и зависит от температуры окружающей среды, величина которой составляет 0,66 Гкал/ч в рабочее время отопительного периода и 0,37 Гкал/ч в нерабочее время и выходные дни необходимая для поддержания дежурной температуры в помещении. Отпуск тепловой энергии в виде сетевой воды предусматривается по температурному графику 95/70 °С.

Величина средней нагрузки горячего водоснабжения составляет 0,042 и 0,034 Гкал/ч в отопительный и межотопительный периоды соответственно.

Рядом с реконструируемыми зданиями находится Пинская ТЭЦ, которая обеспечивает нужды отопления и горячего водоснабжения жилые районы за счёт подачи сетевой воды по теплотрассе диаметром 400 мм. Теплотрасса проложена надземно, и имеет протяжённость порядка 1,5 км. Ближайшая тепловая камера находится на расстоянии 0,5 км. Теплотрасса эксплуатируется давно, поэтому потери в тепловых сетях составляют не менее 15 %. В этой связи, для уменьшения теплопотерь в качестве генерирующего источника тепловой энергии на предприятии планируется использовать собственную проектируемую котельную на природном газе. Газоснабжение котельной предусматривается от газопровода высокого давления 1,2 МПа диаметром 400 мм удаленного на расстоянии до 0,9 км.

На основании тепловых нагрузок в качестве альтернативных для реализации проекта рассмотрено 3 варианта:

1. Вариант предусматривает централизованное теплоснабжение за счет подключения к существующим сетям Пинской ТЭЦ для обеспечения тепловой энергией, в виде горячей воды, для нужд отопления и вентиляции. Тепловая нагрузка на нужды ГВС будет обеспечиваться от четырёх солнечных коллекторов общей площадью 10 м² с бойлерами объёмом от 150 до 350 л, установленными на крышах зданий. Потребность в электроэнергии

будет обеспечиваться от энергосистемы. Данный вариант исключает установку оборудования на территории предприятия, кроме солнечных коллекторов.

2. Данный вариант предусматривает строительство на территории предприятия котельной с установкой трех газовых водогрейных котлов суммарной мощностью 1,8 МВт. Количество котлов выбрано так, чтобы обеспечить расчётные нагрузки, а в случае выхода из работы одного котла, оставшиеся могли обеспечить длительный отпуск теплоты на отопление и вентиляцию в необходимом количестве для поддержания требуемой температуры в здании. Нагрузка ГВС покрывается от солнечных коллекторов, как и в варианте 1. Обеспечение предприятия электроэнергией осуществляется путём её закупки в энергосистеме.

3. Вариант предусматривает установку комплекса, в состав которого входит два электрокотла суммарной мощностью 2 МВт в связке с двумя тепловыми аккумуляторами общим объёмом 400 м³. Мощность электрокотлов выбрана так, чтобы обеспечить зарядку аккумуляторов горячей водой с температурой зарядки до 95 °С при температуре обратной сетевой воды в межотопительный период 40 °С. Работа электрокотлов предусматривается в период с 23-00 до 06-00 и в этот же период будет осуществляться накопление тепловой энергии в баках-аккумуляторах на целые сутки. В отопительный период режим работы электрокотлов и тепловых аккумуляторов не изменится. Для питания электрокотлов предусматривается строительство подстанции мощностью 2 МВт.

Целесообразность рассмотрения варианта с использованием электрокотлов в период с 23-00 до 06-00 заключается в том, что с пуском АЭС будет иметь место избыток генерации в ночное время и, в этой связи, ночной тариф на электроэнергию должен быть снижен.

На основании технико-экономических показателей, наилучшим, из рассмотренных, является вариант 2, который предусматривает установку трёх газовых водогрейных котлов суммарной мощностью 1,8 МВт, а также установку солнечных коллекторов, использование которых в условиях Беларуси оказывается перспективным для покрытия нагрузки ГВС.

Минимальный срок окупаемости указанного варианта составляет 4 года. Системная экономия условного топлива – 72 тонны в год. Снижение расхода органического топлива приводит к улучшению экологической обстановки в стране за счёт снижения вредных выбросов в атмосферу. Затраты предприятия на теплоснабжение снижаются в 1,3 раза по сравнению с централизованным теплоснабжением.

Литература

1. ТКП 241-2010 «Порядок разработки технико-экономического обоснования выбора схем теплоснабжения при строительстве и реконструкции объектов».

2. Постановление министерства экономики Республики Беларусь, министерства энергетики Республики Беларусь и комитета по энергоэффективности при совете министров Республики Беларусь от 24 декабря 2003 г № 252/45/7 «Об утверждении Инструкции по определению эффективности использования средств, направляемых на выполнение энергосберегающих мероприятий».

3. Самсонов В. С. Экономика предприятий энергетического комплекса: Учебник для вузов. / В. С. Самсонов, М. А. Вяткин. – 2-ое изд. – М.: Высшая школа, 2003 – 416 с.: ил.

УДК 534.2

ФАКЕЛЬНОЕ СЖИГАНИЕ ДИСПЕРСНОГО ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

Ярмольчик Д. Ю.

Научный руководитель - к.т.н., доцент Сапун Н.Н.

В условиях повышения цен на нефтепродукты и природный газ интерес к использованию твердого топлива как к основному альтернативному энергоносителю возрастает. В результате вопрос о развитии новых энергоэффективных технологий сжигания мелкодисперсных твердых топлив (измельченных углей, торфа, бытовых и промышленных горючих отходов, сланцев и т.п.) является актуальным.

Однако использование подобных видов топлива сопровождается необходимостью решения задачи организации стабильного и экологичного горения в топках уже существующих теплогенераторов.

Целью исследования является организация энергоэффективного и стабильного сжигания мелкодисперсного твердого топлива в установленных энергогенерирующих агрегатах. В работе дается анализ современного состояния белорусской энергетики и подчеркивается актуальность проблемы замещения проектных топлив. Обосновывается выбранная методика проведения исследований, рассмотрены основные тенденции, связанные с замещением проектных топлив. Представлен обзор проведенных исследований, связанных с проблемой перехода на непроектное топливо, как на основе экспериментального подхода, так и на основе применения пакетов прикладных программ. При замещении базового топлива требуется изменить конструкцию топки и условия эксплуатации оборудования, применить принципиально новое горелочное устройство, что приводит к значительным материальным затратам, привлечения большого числа специалистов, вывода теплогенерирующего агрегата из эксплуатации на длительный срок, но при этом гарантировать надежную и эффективную работу агрегата после реконструкции невозможно. Проведение вычислительных экспериментов позволяет значительно снизить затраты и повысить эффективность разработки по сравнению с экспериментальными исследованиями. Для построения адекватной математической модели аэродинамики дымовых газов, процессов горения и теплообмена в топках используется метод Эйлера-Лагранжа для описания движения газа и взвешенных частиц. Численными методами определены режимные параметры при изменении дисперсности и плотности топлива, скорости потока топливовоздушной смеси и вторичного воздуха, подаваемого на горение, а также конфигурация и геометрические характеристики оптимального пламени.

УДК 658.264

ПРИМЕНЕНИЕ МЕМБРАННЫХ ПЛАСТИНЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ВЫТЯЖНОГО ВОЗДУХА НА НПЗ

Кузьмин Р.О., Мясникович В. В.

Научный руководитель - к.т.н, профессор Седнин А.В.

Под утилизацией низкотемпературных потоков на НПЗ обычно понимают утилизацию тепловой энергии продуктов первичной и вторичной переработок нефти, таких как бензин, дизель, гудрон и др. с температурой не превышающую 120 °С. Однако стоит уделить внимание и утилизации тепловой энергии, уходящей в атмосферу с вытяжным воздухом из административных, производственных и других помещений. Утилизировать тепловую энергию вытяжного воздуха можно при помощи современных вентиляционных установок с рекуперацией и регенерацией вытяжного воздуха.

На данный момент наиболее распространенными утилизаторами тепловой энергии вытяжного воздуха являются роторные регенераторы и пластинчатые утилизаторы. И те, и другие изготавливаются из металла и в связи с применением их в климатических условиях Республики Беларусь имеют ряд недостатков. Одним из главных является обмерзание утилизаторов в зимний период времени из-за образования конденсата при охлаждении вытяжного воздуха.

В 2014 году в Республике Беларусь была произведена первая приточно-вытяжная вентиляционная установка, которая была разработана и адаптирована специально для климата Беларуси и Российской Федерации. В состав такой утилизационной установки входили пластинчатые мембранные теплообменники, изготовленные из полимерных материалов. Применение такой технологии позволяет утилизировать низкотемпературные потоки вытяжного воздуха и подогревать приточный воздух с высокой эффективностью рекуперации.

Приточно-вытяжные вентиляционные установки, производимые белорусским заводом Ирридио, позволяют также снизить затраты на эксплуатацию вентиляционных систем благодаря новейшим энергоэффективным электродвигателям и использованием качественных долговечных материалов. Кроме всего стоимость белорусского инновационного оборудования значительно ниже европейских аналогов.

С помощью мембранных теплообменников эффективно утилизировать тепловую энергию воздушных потоков, отводящихся от аппаратов воздушного охлаждения (АВО). Теплый воздух после АВО подогревает свежий приточный воздух, который в свою очередь дополнительно подогревается в приточно-вытяжной установке, где очищается, подогревается вытяжным воздухом, доводится до температуры, согласно санитарным нормам и подается в операторные, технические, административно-бытовые и другие помещения, где требуется приточный воздух. Схема приведена на рисунке 1.

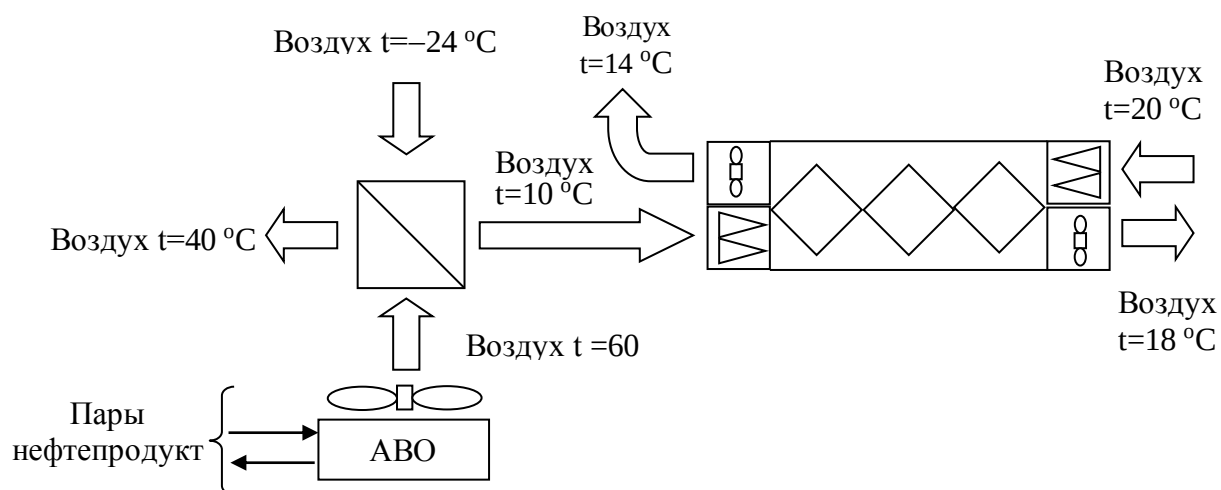


Рисунок 1 – Схема утилизации тепловых выбросов АВО на НПЗ

Использование мембранных пластинчатых теплообменников типа «воздух-воздух» позволяет утилизировать тепловые выбросы воздуха в атмосферу от АВО, что увеличивает общий энергетический КПД и снижает затраты на эксплуатацию систем вентиляции помещений предприятия, что приводит к уменьшению себестоимости продукции и повышению ее конкурентоспособности.

УДК 519.876.5

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПАСПОРТ

Горбач В.А., Янкович В.С., Панкевич В.И.

Научный руководитель – аспирант Матявин А.А.

Энергетический паспорт - программа, которая может, как ускорить вашу работу, так и замедлить ее, исправить ваши ошибки и недочеты, или пропустить их.

Поэтому выбор программного обеспечения, с которым вы будете работать для составления энергетического паспорта, очень важное решение.

В этом обзоре, мы напишем наше мнение по работе с программным обеспечением для подготовки энергетических паспортов.

Энергетический паспорт включает в себя 2 программы:

- ARM Энергоаудитор от Российского энергетического агентства
- E-Pass от компании Octonica

ARM Энергоаудитор — первая программа. Общее впечатление: на тот момент (2012 год) программа была не доработана.

Периодически возникали, какие-то необъяснимые ошибки. Данные, которые уже были заполнены в предыдущих формах энергопаспорта, приходилось дублировать в следующих. То есть автоматика не работала.

Поля энергопаспорта, которые должны бы были рассчитываться автоматом, приходилось считать самому на калькуляторе и заполнять в ручную.

Несмотря на перечисленные выше недостатки, ARM Энергоаудитор это был большой шаг вперед по сравнению с xls программками и другими продуктами, которые были на рынке в тот момент.

Сейчас работаем с E-Pass. К ней по большому счету претензий нет. Все что можно, считает автоматом. Данные нигде дублировать не надо.

Можно хорошо наладить систему взаимосвязи Аудитор — > СРО — > Экспертиза и обратно. Было конечно пару раз, что и E-Pass не работал. Но с какой программой такого не бывает. E-Pass можем рекомендовать для использования в работе.

Литература

1. Энергетический паспорт [Электронный ресурс]. / Энергетический паспорт – официальный сайт компании. Режим доступа: <http://www.energo-pasport.com/programma-energeticheskij-pasport/>

УДК 620.92

БЕСПРОВОДНОЕ ИНДУКЦИОННОЕ СРЕДСТВО ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ

Богдан А.А., Захарченко В.С, Игнатович Р.С.

Научный руководитель – старший преподаватель Петровская Т.А.

В современном мире всё острее становится вопрос об избавлении от проводов. Все давно привыкли к вещам типа Wi-fi, сотовая сеть Интернет. Мы хотим представить беспроводное зарядное устройство для телефона и прочих мелочей. Прежде всего нужно сказать, что это не модель вечного двигателя. Более того, КПД такого устройства достаточно низкое, однако, это достаточно удобно подавать энергию на предметы, которые просто лежат на столе.

Портативное электронное устройство, в описании характеристик которого нет таких прилагательных как мобильное и беспроводное, едва ли заинтересует современного потребителя. Новомодный гаджет уже невозможно представить без набора беспроводных интерфейсов. Благодаря им осуществляется подсоединение к каналам широкополосной связи (GSM/GPRS-сетям, домашним и/или офисным локальным сетям типа Wi-Fi и т.д.), а также периферийным устройствам (Bluetooth-гарнитурам, акустическим системам, внешним накопителям и т.д.) или другим мобильным гаджетам и компьютерам. И только наличие кабеля для зарядки аккумулятора пока еще не позволяет называть ультрасовременные смартфоны, планшетные компьютеры и мобильные телефоны полностью беспроводными

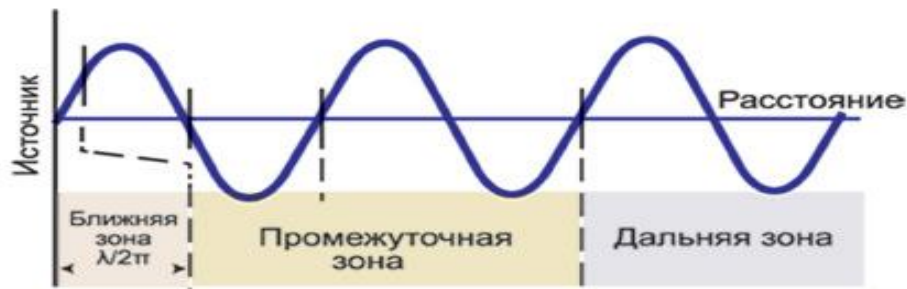


Один из способов решения проблемы – внедрение технологии беспроводной передачи электроэнергии для зарядки аккумуляторов. Гиганты мировой электронной индустрии прилагают немало усилий для разработки такой технологии и внедрения на рынок коммерчески привлекательных беспроводных зарядных устройств. Вместе с тем остается риторический вопрос: можно ли считать мобильное устройство в полной мере беспроводным, если для его подзарядки необходимо все же подключать кабель, пусть даже не к суперсовременному гаджету, а к устройству зарядки, учитывая, что расстояние между ними не более 10...40 мм? В случае применения беспроводной зарядки мобильный телефон размещается непосредственно на поверхности передатчика зарядного устройства.

Однако сфера применения беспроводных устройств не ограничивается только зарядкой аккумуляторов мобильных телефонов. Технологию беспроводной передачи энергии можно использовать в медицине, для зарядки аккумуляторов автотранспортных средств или в качестве источника электроэнергии для светодиодных светильников, а также в других приложениях.

Принцип действия

Существует несколько известных из курса физики беспроводных (бесконтактных) способов передачи энергии. Однако наибольшее распространение в электротехнике получили решения с использованием беспроводной передачи электроэнергии на основе явления электромагнитной индукции.



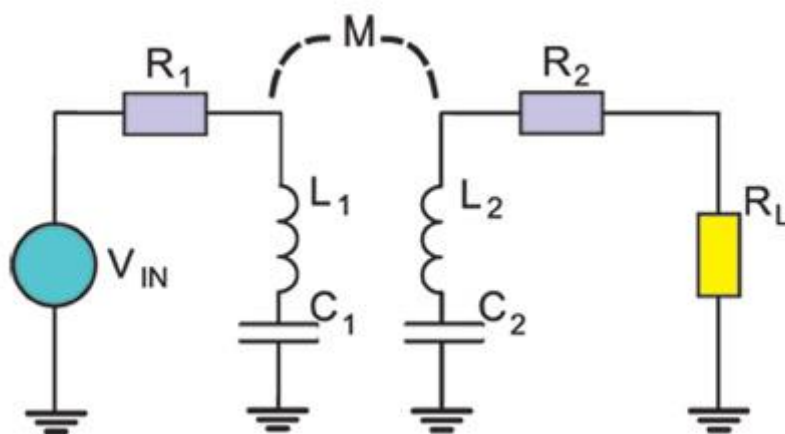
Как известно, область распространения электромагнитного поля разделяется на две основные зоны в зависимости от расстояния от источника излучения. Ближняя зона (зона индукции или реактивная) ограничивается расстоянием, равным $\lambda/2\pi$, где λ – длина волны. Зона индукции постепенно переходит в зону излучения (волновую), и ярко выраженной границы между ними не существует. На границах ближней и дальней зон различают переходную промежуточную зону. При частотах 10, 1 и 0,1 МГц протяженность ближней зоны составляет примерно 4,7; 47 и 477 м.

В системах беспроводной зарядки для передачи энергии от источника (передатчика) к приемнику используется явление электромагнитной индукции, которое заключается в возникновении электрического тока в замкнутом контуре при изменении магнитного потока, пронизывающего этот контур. На сайтах консорциумов WPC, PMA и A4WP можно найти информацию о принципе действия систем передачи энергии без проводов. Система состоит из первичной катушки L1 (источника) и вторичной катушки L2 (приемника). Катушки образуют систему с индуктивной связью. Переменный ток, протекая в обмотке первичной катушки, создает магнитное поле, индуцирующее напряжение в приемной катушке, которое может быть использовано как для зарядки аккумулятора, так и для питания устройства. По мере удаления вторичной катушки от первичной все большая часть магнитного поля рассеивается и не достигает вторичной катушки. Даже при относительно малых расстояниях индуктивная связь становится неэффективной.

Резонансные контуры с индуктивной связью, применяемые в системах беспроводной зарядки, уже на протяжении десятков лет успешно используются в разнообразных радиотехнических устройствах, а их теория давно и хорошо известна.

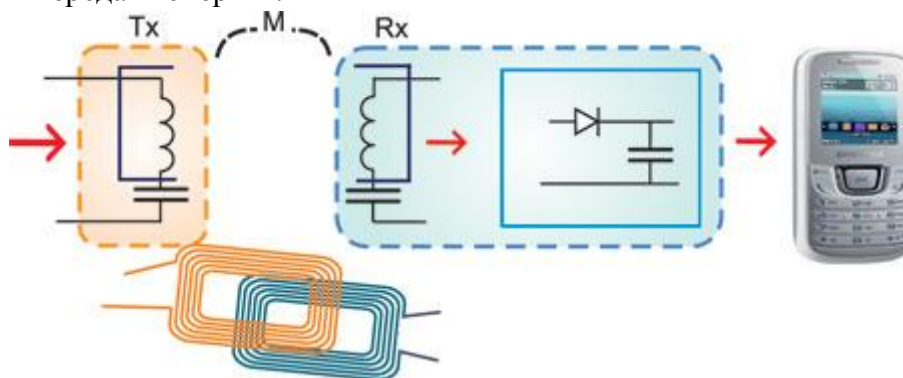
Эффективность передачи энергии зависит от коэффициента связи между катушками и их добротности, а для увеличения эффективности беспроводных систем зарядки следует использовать явление резонанса, что позволяет увеличить КПД и дальность передачи энергии. Повысить эффективность индуктивно связанных систем можно за счет увеличения добротности катушек и/или коэффициента связи.

В настоящее время разработаны две технологии беспроводной зарядки, использующие явление электромагнитной индукции. Одна из них, в которой используются сильно связанные катушки, получила название MI (Magnetic Induction – магнитно-индуктивная), другая со слабо связанными – MR (Magnetic Resonant – магнитно-резонансная). WPC- и PMA-спецификации базируются на использовании технологии MI, в спецификациях альянса A4WP рекомендуется использование – MR. Эти две технологии имеют много общего, однако вместе с тем присутствуют и кардинальные отличия.



Упрощенная эквивалентная схема магнитно-связанных катушек

В каждой из них для беспроводной передачи энергии используется магнитное поле и применяются резонансные контуры (см. рис. 1). Магнитный поток, создаваемый источником и пронизывающий вторичную катушку, зависит от конфигурации магнитного поля, которую можно трансформировать как благодаря изменению геометрических размеров катушек и их взаимному расположению, так и за счет применения соответствующего магнитного экранирования. Плотность потока зависит от магнитной проницаемости экранов. Стоимость и толщина экранов являются ключевыми факторами при их выборе. От взаимной ориентации, передающей и принимающей катушек, а также от расстояния между ними зависит эффективность системы передачи энергии. Чем больше расстояние между катушками, тем менее эффективна система. Кроме того, эффективность зависит от резонансной частоты, относительных размеров передающей и принимающей катушек, коэффициента связи, сопротивления обмоток, наличия скин-эффекта, паразитных связей и ряда других факторов. Смещение по координатам X , Y , Z , а также наличие угла наклона между катушками приводит к существенному росту потерь и соответственно – к снижению эффективности передачи энергии.



В WPC-спецификациях приведены определенные требования к позиционированию приемной катушки относительно передающей. Однако, чтобы получить максимальный коэффициент связи между двумя катушками в реальной системе может потребоваться дополнительная регулировка их взаимного расположения.

В случае применения MR-технологии нет необходимости в строгом позиционировании катушек, а также имеется возможность использовать один источник для одновременной зарядки нескольких устройств, что, несомненно, более привлекательно для пользователей. Однако в этом случае следует учитывать влияние расстояния между «связанными устройствами» на эффективность системы.

В зависимости от требований (не в последнюю очередь это стоимость и размер катушек), в системах, созданных на базе этих технологий, могут применяться одна или

несколько катушек. В рекомендациях WPC- и PMA-спецификаций, основанных на технологии MI, резонансная частота выбирается с учетом сопротивления нагрузки и может изменяться в достаточно широком диапазоне. В связи с этим эффективная добротность системы относительно низкая по сравнению с решениями на базе технологии MR. Оптимальная эффективность системы может быть достигнута только на определенной резонансной частоте и при оптимальном сопротивлении нагрузки. В случае использования MR-технологии (т.к. энергия передается на строго определенной резонансной частоте) добротность системы выше, однако требуется очень точное согласование резонансных частот. При использовании обеих технологий изменение параметров в процессе работы должно строго контролироваться, т.к. они оказывают непосредственное влияние на эффективность передачи энергии.

КПД системы является важнейшим фактором для устройств беспроводной передачи энергии. Независимо от значения КПД почти всегда можно обеспечить передачу заданного уровня мощности. Однако вопрос в том, какой ценой и какими средствами. Чем больше КПД, тем меньше размеры и стоимость беспроводного зарядного устройства при той же передаваемой мощности. При зарядке смартфона от проводного адаптера (5 В) можно достичь КПД около 97%. В случае беспроводной зарядки такие показатели пока еще недостижимы, а то насколько они ниже, зависит от многих факторов, в т.ч. от расстояния. Увеличение расстояния между первичной и вторичной катушками вызывает снижение КПД любой системы. Однако в системах со слабосвязанными, настроенными в резонанс катушками, уменьшение КПД происходит намного медленнее в сравнении с системами с сильносвязанными катушками, что проявляется даже при применении катушек одинакового размера.

Еще одно отличие технологий заключается в следующем. При использовании метода MI для формирования переменного тока в резонансном контуре первичной катушки применяется полумостовой или мостовой преобразователь, тогда как при методе MR – усилитель мощности. Архитектура усилителя мощности может модифицироваться в зависимости от частоты, КПД, тока потребления в режиме ожидания, размеров, стоимости и назначения устройства. Вместе с тем при использовании этих методов следует уделять серьезное внимание снижению потерь на переключение, а также уменьшению паразитных потерь во внешних компонентах.

В зависимости от требований к входному напряжению и архитектуре системы, выбор технологии играет определяющую роль для оптимизации интегрированных решений. Как правило, в системе управления имеется несколько контуров регулирования, при этом стабильность общего контура управления определяет высокую производительность системы.

Стандарты

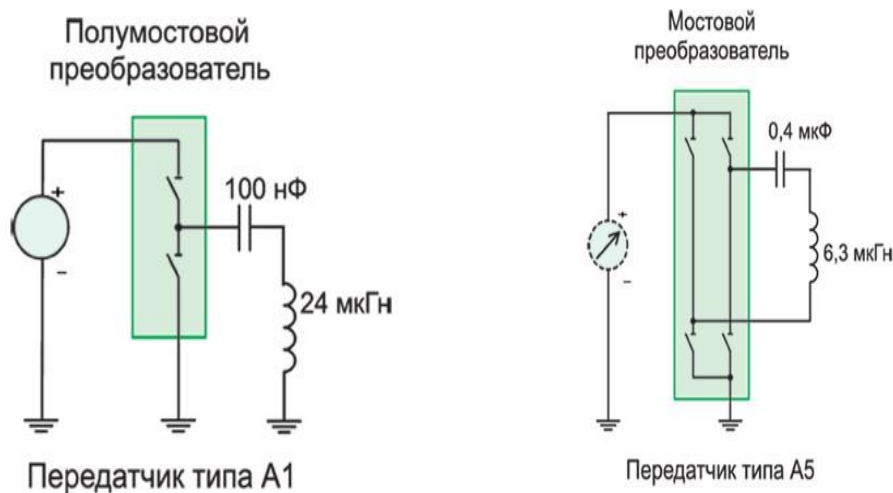
В настоящее время беспроводные зарядные устройства выпускаются в соответствии со спецификациями, предложенными альянсами WPC и PMA, в основу которых положена технология MI

В WPC-спецификациях содержатся требования к мощности передатчика, приведены значения индуктивности передающих катушек, диаметра и марки провода обмотки, размеров катушек, а также даны рекомендации по выбору материала магнитных экранов и их расположению. В некоторых случаях для более точного позиционирования катушек предусматривается наличие постоянных магнитов. Их тип, расположение и ориентация полюсов также регламентируется спецификациями. Кроме того, для каждого типа передатчика даны размеры передающих катушек и приведены рекомендации по структуре преобразователя, формирующего ток в первичной катушке. Приведены также параметры PID-регулятора и его структурная схема.

Передатчики типа А, как правило, содержат всего одну обмотку, она же всегда используется как активная. Если предусмотрено несколько или реализован линейный массив обмоток (например, как в А6 с частичным перекрытием), то тогда только одна из обмоток

подключается к преобразователю. Причем, именно та из массива, которая в текущий момент обеспечивает наиболее эффективную передачу энергии приемнику. Выбор необходимой обмотки выполняется на начальном этапе обмена данными с приемником. Такой подход позволяет в определенной степени реализовать концепцию свободного позиционирования приемника и передатчика, что дает возможность потребителям не беспокоиться о точном совмещении мобильного устройства с определенным участком поверхности зарядного устройства. В передатчиках типа А поддерживается работа только с одной активной обмоткой.

В передатчиках типа В предусматривается возможность работы с несколькими обмотками из массива (т.е. допускается одновременное их подключение параллельно или последовательно), что обеспечивает возможность свободного позиционирования приемника на поверхности передатчика. Один преобразователь обслуживает только один приемник, однако не исключается возможность реализации нескольких преобразователей, при этом можно использовать незадействованные обмотки из массива. На рисунке приведены структура и основные характеристики передатчиков типа А1 и А5.



Заключение

Назовем функциональные преимущества систем, основанных на использовании индуктивно-резонансного метода, в сравнении с системами на базе метода магнитной индукции.

1. Гибкость во взаимной ориентации источника и приемников в процессе работы делает такие системы более простыми и удобными в пользовании.
2. Один источник может быть использован для передачи энергии более чем одному приемнику, даже если они имеют разные требования к электропитанию, т.е. вместо того, чтобы иметь специальное зарядное устройство для каждого мобильного телефона, можно использовать всего одно для одновременной зарядки нескольких.
3. Поскольку подразумевается использование систем с низким значением коэффициента связи ($< 0,1$), устраняются требования по поводу жестких ограничений между размерами катушек источника и приемника.
4. Расстояние для эффективной передачи энергии может быть увеличено за счет использования резонансных ретрансляторов.

В настоящее время на зарождающемся рынке беспроводных зарядных устройств аккумуляторов для мобильных гаджетов сложилась интригующая ситуация. Почти одновременно были созданы три независимых отраслевых альянса: WPC, PMA и A4WP. При

этом ведущие компании одновременно являются членами конкурирующих альянсов, а каждый из них предлагает разные принципы реализации технологии беспроводной передачи энергии. В такой ситуации едва ли можно ожидать, что будет обеспечиваться совместимость между оборудованием разных производителей, поэтому ведущие корпорации вынуждены искать пути мирного урегулирования сложившейся ситуации.

В январе 2014 г. на международной выставке потребительской электроники CES-2014 консорциум WPC продемонстрировал возможности зарядных устройств, созданных на базе магнитно-резонансной технологии в соответствии с новыми модифицированными Qi-спецификациями.

Обострившаяся конкуренция на рынке интеллектуальных гаджетов вынуждает производителей предлагать потребителям все новые функциональные возможности. Так, одной из новых «фишек» ультрамодных смартфонов можно назвать беспроводную зарядку, которая для потребителей может послужить реальным аргументом в споре за их качество.

Литература:

1. http://radioskot.ru/publ/zu/besprovodnaja_zarjadka_dlja_telefona/8-1-0-459
2. <https://habrahabr.ru/post/253185/>
3. http://itcrumbs.ru/besprovodnaya-zaryadka-dlya-telefona-printsip-raboty_14659
4. <http://www.russianelectronics.ru/leader-r/review/doc/70732/>

УДК 620.92

АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА РБ

Иванова Д.С, Павлович И.В, Твердунова А. Д.

Научный руководитель – старший руководитель Петровская Т.А.

Альтернативная энергетика — совокупность перспективных способов получения, передачи и использования энергии, которые распространены не так широко, как традиционные, однако представляют интерес из-за выгоды их использования при, как правило, низком риске причинения вреда окружающей среде.

Сегодня в Беларуси созданы уже 16 биогазовых комплексов, порядка 50 ветроэнергетических установок и 46 солнечных электростанций.

Недостаток ископаемых энергоресурсов делает биоэнергетику одной из наиболее интересных и перспективных отраслей отечественного АПК. Государство поддерживает ее развитие, применяя стимулирующие тарифы на энергию, вырабатываемую биогазовыми комплексами. Наличие биогазовой установки гарантирует хозяйству дополнительную выручку, решение экологических проблем, стабильность электро- и теплоснабжения.

Сегодня в Беларуси работает семь биогазовых комплексов мощностью от 340 кВт до 4,8 МВт. Всего согласно профильной госпрограмме в организациях АПК запланировано построить 22 установки суммарной установленной мощностью 21,7 МВт. Наибольший положительный опыт эксплуатации биогазовых установок в нашей стране пока имеет КСУП «СПЦ «Западный» Брестского района. Там биогазовая установка введена в строй самой первой и сегодня работает на полную мощность (520 кВт), обеспечивая свиноводческий комплекс теплом и ценными удобрениями, а также увеличивая прибыль хозяйства за счет реализации электроэнергии. За 2012 год «Западный» продал в сеть РУП «Брестэнерго» более 3,2 млн кВт·ч, получив прибыль в 1,5 млрд руб. Кроме того, предприятие существенно экономит, используя выработанную электро- и теплоэнергию на собственные нужды.



Рисунок 1 - Биогазовый комплекс

Согласно национальной программы развития местных и возобновляемых источников на 2011 – 2015 гг. на территории Республики Беларусь выявлено 1840 площадок, где можно разместить ветроустановки (ВЭУ). Общий энергетический потенциал при этом оценивается в 1600 МВт мощности. Среднегодовая скорость фонового ветра колеблется от 3 до 4 м/с на

высоте 10-12 метров. Поэтому в программе оговорена необходимость тщательного технико-экономического обоснования строительства ветроустановок в каждом отдельном случае. В настоящий момент на территории РБ действует 18 ветроустановок суммарной мощностью 4 МВт. ВЭУ действуют в Гродненской, Минской, Витебской, Могилевской областях. Самая крупная ветроустановка в Беларуси действует в Новогрудском районе, ее мощность составляет 1,5 МВт.

Распределение расчетной скорости ветра на уровне 60 м в Беларуси можно посмотреть на изображении. Сразу становится понятен выбор действующих площадок.

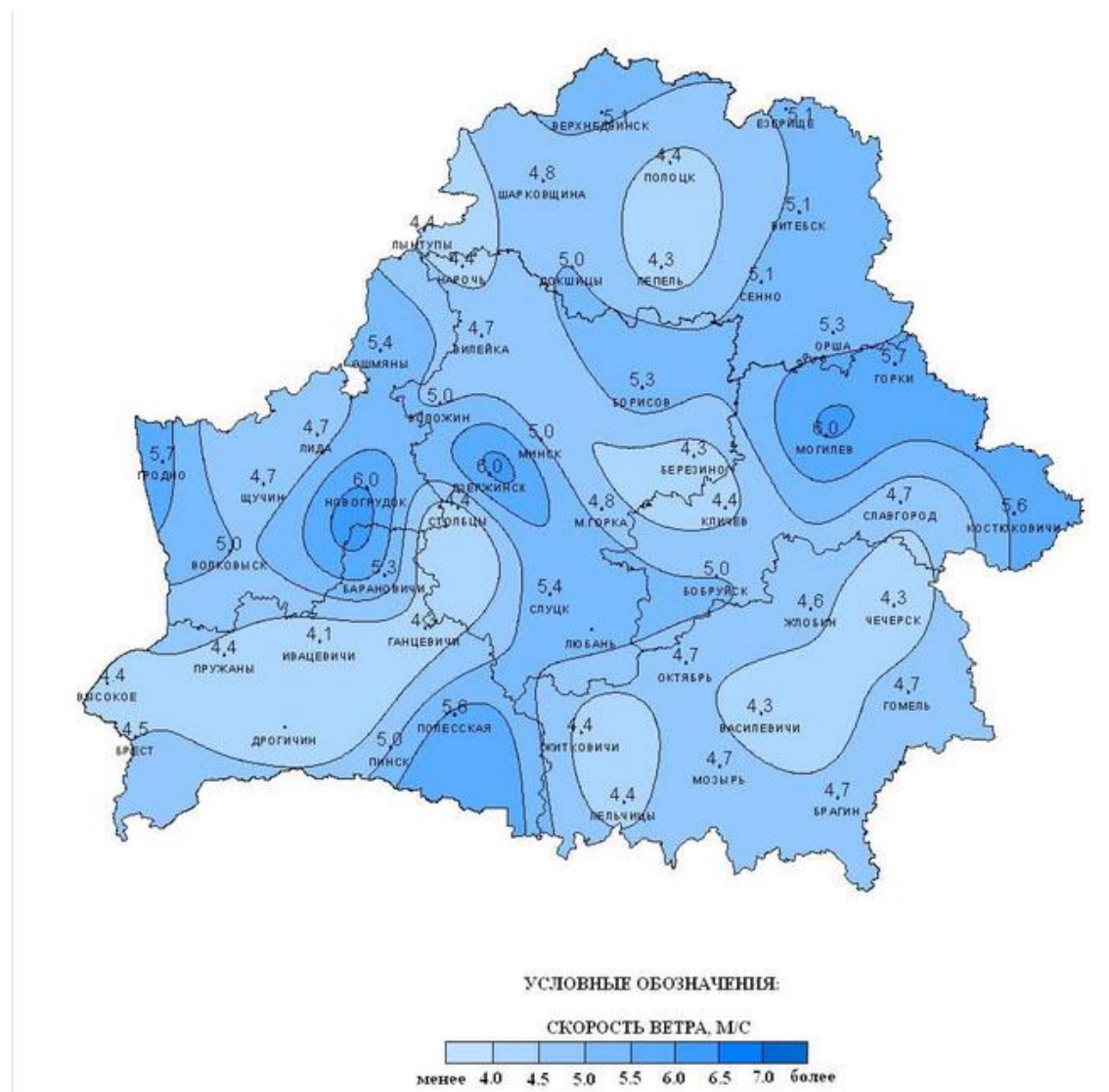


Рисунок 2 - Распределение расчетной скорости ветра на уровне 60 м в Беларуси

В целом программой предусмотрены довольно оптимистические прогнозы развития Белорусской ветроэнергетики. В какой мере они будут реализованы, покажет время. Несмотря на то, что в настоящий момент не все задуманные инвестиционные проекты удалось реализовать, государством активно ведутся мероприятия по привлечению инвестиций в возобновляемую энергетику.

К 2020 году Беларусь планирует довести долю возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в структуре валового потребления топливно-энергетических ресурсов до 6%.

Вместе с тем, государство не хочет переплачивать за "зеленую" электроэнергию. Так, деятельность компаний в этой сфере изменена.

Указом А.Г. Лукашенко предусматривается дифференцировать повышающие коэффициенты не только в зависимости от вида возобновляемых источников энергии, но и от иных параметров установок (электрическая мощность, срок службы оборудования на дату ввода установок в эксплуатацию и другие).

Энергетическая мощность нашей страны составляет 8,5 ГВт, а с вводом в строй АЭС составит 10,5 ГВт.



Рисунок 3 - Островецкая АЭС

Рассмотрим долю возобновляемых источников энергии в энергосистеме Беларуси.

Так, общая мощность существующих ГЭС в Республике Беларусь составляет 30 МВт, из них 17 МВт приходится на Гродненскую ГЭС, которая была введена в строй в 2012 году. В государственном плане – постройка четырех ГЭС на р. Западная Двина суммарной мощностью в 40 МВт и двух ГЭС на р. Днепр суммарной мощностью в 20-30 МВт.



Рисунок 4 - Гродненская ГЭС

В Беларуси немало площадок для размещения ветряных электростанций. Общая мощность установленных ветряков в нашей стране – около 10 МВт, причем 9 МВт

приходится на ВЭС в д. Грабники. В Республике Беларусь строительство ветряных электростанций осуществляется путем проведения тендера.

Известно, что компания «Белоруснефть» в ближайшем будущем построит ветропарки в д. Бурмаки (Минская обл.) общей мощностью до 50 МВт и в д. Лужище (Гродненская обл.) общей мощностью до 80 МВт.

Если основываться на метеорологических данных, то в Беларуси порядка 30-ти ясных солнечных дней в году, в то время как пасмурных -250. Интенсивность солнечного излучения составляет что-то порядка 2,8 кВт·ч/м².

Не густо, конечно, но и не надо полагать, что в развитых странах намного лучше обстоят дела. Картина примерно такая же в Германии, Японии и некоторых других странах. Это дает право сторонникам альтернативной энергии утверждать о возможности и необходимости развивать солнечную энергетику в Беларуси. Раз это могут делать страны Европы, то почему не можем мы? Надо сказать, что государство значительно продвинулось в этом направлении за последние годы, а вместе с этим уже стали появляться первые трудности. Что же касается солнечной энергетики, то согласно закона о возобновляемых источниках энергии РБ на покупку электрической энергии, выработанной фотоэлектростанциями, действует самый высокий коэффициент равный 3. Т.е. энергосистема обязана покупать у владельцев солнечных электростанций всю выработанную электроэнергию с данным повышающим коэффициентом в течение 10 лет. Согласно таблицам солнечной инсоляции, строительство солнечных электростанций целесообразно преимущественно на юге страны, что, в общем-то, естественно. С уже действующими объектами можно ознакомиться на сайте Министерства природных ресурсов (ссылка ниже). Как было сказано главным инженером ГПО «Белэнерго», А.А. Сиваком корреспондентам «СБ» уже принято решение о строительстве солнечных станций мощностью порядка 150 МВт в Гомельской и Могилевской областях. Однако увеличение числа альтернативных электростанций может негативно отразиться на конечном потребителе в виде увеличения тарифа.

Литература

1. <http://www.energya.by/kak-razvivayutsya-alternativnayia-energetika-v-belarusi/>
2. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Биогаз>
3. <http://www.energya.by/gidroenergetika-v-belarusi-i-mire/>

УДК 620.92

ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА КАК ПРЕДМЕТНАЯ ОБЛАСТЬ АВТОМАТИЗАЦИИ

Деветьярова М.В, Зуева Е.С., Пестрак А

Научный руководитель – старший преподаватель Петровская Т.А.

Прежде чем нами будут обсуждаться технические аспекты применения SCADA-пакета PcVue в проектах компании Iberdrola Renovables в сфере ветроэнергетики, хотелось бы сказать несколько слов об этой своеобразной предметной области. Ветроэнергетика – отрасль энергетики, специализирующаяся на использовании энергии ветра – кинетической энергии воздушных масс в атмосфере [1]. Энергию ветра относят к возобновляемым видам энергии, так как она является следствием деятельности солнца. Ветроэнергетика – бурно развивающаяся отрасль, так в конце 2009 года общая установленная мощность всех ветрогенераторов составила 157 гигаватт [2,3], увеличившись в шесть раз с 2000 года (таблица 1).

Таблица 1 - Основные суммарные установленные мощности, МВт, по странам мира

Страна	2005 г., МВт	2006 г., МВт	2007 г., МВт	2008 г., МВт	2009 г., МВт
США	9149	11603	16818	25170	35159
Германия	18428	20622	22247	23903	25777
Китай	1260	2405	6050	12210	25104
Испания	10028	11615	15145	16754	19149
Индия	4430	6270	7580	9645	10833
Италия	1718	2123	2726	3736	4850
Франция	757	1567	2454	3404	4492
Великобритания	1353	1962	2389	3241	4051
Португалия	1022	1716	2150	2862	3535
Дания	3122	3136	3125	3180	3465
Канада	683	1451	1846	2369	3319
Нидерланды	1224	1558	1746	2225	2229
Япония	1040	1394	1538	1880	2056
Австралия	579	817	817,3	1306	1668

Ветровая электростанция состоит из нескольких ветрогенераторов, структура которых показана на рисунке 1. Крупные ветровые электростанции могут состоять из 100 и более ветрогенераторов. Иногда ветровые электростанции называют ветряными фермами (от англ. Wind farm). На рис. 1 приняты следующие обозначения: 1. Фундамент. 2. Силовой шкаф. 3. Башня. 4. Лестница. 5. Поворотный механизм. 6. Гондола. 7. Электрический генератор. 8. Система слежения за направлением и скоростью ветра (анемометр). 9. Тормозная система. 10. Трансмиссия. 11. Лопасты. 12. Система изменения угла атаки лопасти. 13. Колпак ротора. Кроме того, в состав ветрогенератора входят система пожаротушения, ПЛК, средства для передачи данных о работе ветрогенератора, центр управления и система молниезащиты. В каждой ветротурбине установлен блок управления, содержащий преобразователь мощности, платы управления, а также устройства ввода/вывода.

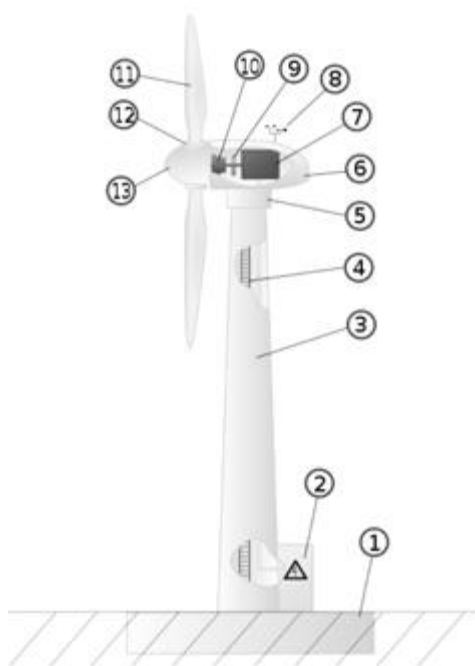


Рисунок 1 - Схема ветрогенератора

Компания Iberdrola Renovables (<http://www.iberdrolarenovables.es>) является мировым лидером в области производства электроэнергии на основе возобновляемых источников энергии, в частности ветровой энергии. Iberdrola Renovables является вторым по величине поставщиком энергии в Северной Америке. В настоящее время доля компании на мировом рынке ветроэнергетики составляет 1/12 часть. В компании работают около 33 тыс. сотрудников в 40 странах. Основные внедрения реализованы в Испании и США.

В контексте осуществления процессов контроля и управления современными ветровыми электростанциями Iberdrola Renovables выбрала SCADA-пакет PcVue компании ARC Informatique за его надежность, масштабируемость и высокую производительность в среде архитектуры «клиент-сервер». Как и в любом серьезном современном SCADA-пакете, в PcVue имеются такие компоненты, как внутренняя или внешняя база данных реального времени и истории, мощный 2D- и 3D- графический редактор, генератор отчетов, встроенный язык программирования, поддержка Web-интерфейса («тонкий клиент»), средства разграничения прав доступа и поддержки версий проектов, подсистемы обработки тревог, событий, трендов реального времени и истории, аналитика и статистика, настройка языка интерфейса (русский, английский, французский, немецкий...), локализованная документация и подсказки, средства календарного планирования, рецепты, поддержка OPC-интерфейса и промышленных протоколов и многое другое. Другими словами, в PcVue, как одном из мировых лидеров на рынке, реализован весь современный «джентельменский набор» средств, присущий ведущим SCADA-пакетам.

Основная цель проектов компании Iberdrola Renovables – сделать доступным удаленный сбор информации от ветровых электростанций, особенно сигналов тревоги и исторических данных. Система управления на каждом объекте собирает основные оперативные данные от генераторов и различных подстанций. Эти системы подключаются к центрам управления ветровыми электростанциями CORE (Centro de Operacion de Renovables) с помощью систем дальней связи. CORE использует эти данные для выявления и диагностики потенциальных проблем, чтобы иметь возможность вмешаться в процесс функционирования с целью эффективного и оперативного решения возникающих проблем.

Датчики скорости и направления ветра, скорости вращения вала и множества других факторов выполняют сбор и передачу данных в ПЛК. Определяя направление ветра, система управления может применять механизированное устройство поворота для разворота всей

ветротурбины в требуемом направлении, обеспечивая максимальную выработку электроэнергии. Все ветротурбины подключаются к локальной сети, при этом блок управления каждой анемометрической вышки использует стандарт Ethernet для подключения к основанию вышки, в которой имеется волоконное резервное кольцевое подключение к локальной сети. Локальная сеть подключается к CORE, включающему систему управления, которая регулирует и собирает данные, настраивает параметры турбины и обеспечивает интеллектуальную систему сигнализации, поиск и устранение неисправностей, а также выдачу отчетов. Этот центр управления оборудован SCADA-пакетом PcVue, который является нервным узлом системы управления ветровыми электростанциями. CORE аккумулирует данные от отдельных турбин, подстанций, метеорологических станций, авиационного радара для обнаружения птиц и летучих мышей, и другие системы наблюдения за охраной природы. Оператор CORE может наблюдать за работой всех ветровых электростанций как за одним целым. Регистрируя события, PcVue позволяет оператору определить, какие действия по настройке и исправлению должны быть предприняты.

Iberdrola Renewables использует многие типы турбин, и каждый поставщик турбин предоставляет собственную систему управления/HMI. Основное преимущество использования PcVue в качестве основной SCADA-системы состоит в том, что она не связана ни с одним поставщиком ПЛК, поэтому она работает независимо от типа турбины. Особо важное значение для Iberdrola имеет тот факт, что операторы ветровой электростанции могут применять различные типы турбин и разные ПЛК.

В процессе разработки команде Iberdrola понравилась простота конфигурирования PcVue. Ее способность свертывания в пиктограмму анимированных мнемосхем и применение всплывающих окон снизила риск наложения критической информации и помогла упростить команде Iberdrola просмотр. Кроме того, создание шаблонов для содержания и поведения, связанных с каждой мнемосхемой и анимацией GUI (графический интерфейс пользователя), обеспечивает согласованность отображения окон. Для получения данных от различных ПЛК Iberdrola Renewables использует протокол связи OPC (и другие). Для обмена данными в реальном времени со шлюзами Iberdrola применяет OPC Data Access Client и OPC DA XML Client, а для упрощения обмена данными со сторонними приложениями применяется OPC DA Server. Все собранные данные направляются в центр управления.

«PcVue признана надежной, масштабируемой и простой в конфигурировании. PcVue предоставляет единое пользовательское представление, которое обеспечивает наглядное отображение и общее управление бесчисленными локальными системами, состоящими из ПЛК, HMI и систем управления, установленных на турбинах, – утверждает Харм Торен, глава оперативно-производственной службы Iberdrola Renewables в США. – Так как в дополнение к контролю и управлению нашими турбинами мы наблюдаем за перемещением авиации и погодой, то нам требуется система, которая обеспечит простой и удобный для чтения GUI, чтобы мы смогли отреагировать по первому требованию. Более того, программа PcVue уже доказала свое удобство и высокую функциональность в Испании».

Ранее каждая ветровая электростанция контролировалась с помощью одной локальной SCADA-станции, и операторы, как правило, направляли в центр данные по телефону. Все необходимые данные сохранялись на диске, который затем передавался теми, кто сделал такую запись данных. Для удаленного мониторинга ветровых электростанций и также для дистанционного управления посредством специализированной сети VSAT Iberdrola Renewables стала устанавливать в CORE SCADA-систему PcVue и несколько тонких клиентов FrontVue. PcVue и FrontVue работают в среде Windows и способны управлять миллионами точек ввода/вывода в оперативном режиме от тысяч устройств. PcVue-FrontVue в CORE применены для того, чтобы предоставить операторам всю необходимую информацию, касающуюся сигналов тревог от турбин. Клиентскими станциями FrontVue

контролируются до 1,5 миллиона точек данных, которые взаимодействуют через OPC и резервированные гигабитные каналы сети TCP/IP Ethernet.

Каждый клиент FrontVue может принимать до 70 000 точек ввода/вывода. В настоящее время установлены десятки серверов PcVue, которые управляют миллионами переменных реального времени и сетью, которая может быть масштабирована без ограничений или структурных изменений. С помощью архитектуры PcVue-FrontVue операторы могут детально проанализировать данные от удаленных ветровых электростанций. Учитывая огромный объем данных (около 350 точек на одну турбину), для простоты технического обслуживания мониторинг осуществляется на двух уровнях:

- верхний уровень дает панорамный вид наиболее важных тревог, значений данных и счетчиков, как того требует мониторинг турбин, и для выявления сбоев, требующих вмешательства;

- следующий уровень является более подробным с целью обеспечить возможность более глубокого анализа всех данных от турбин так, чтобы операторы могли немедленно и точно диагностировать проблемы и принять соответствующие меры.

Решения, реализованные с помощью программного обеспечения SCADA PcVue, позволяют заметно сократить расходы на обслуживание при централизации всей информации от дистанционно управляемых ветровых электростанций.

Центр управления ветровыми электростанциями в Испании

Центр управления ветровыми электростанциями (CORE) компании Iberdrola Renovables находится в Толедо, в 70 км к югу от Мадрида, и дистанционно управляет десятком ветровыми электростанциями во всех регионах Испании, которые суммарно генерируют 9600 МВт энергии. Если посмотреть данные в табл. 1, то мы увидим, что это составляет около половины всей генерируемой ветровыми электростанциями энергии в Испании. Линия связи предоставлена частной спутниковой сетью. CORE несет ответственность за эти электростанции с точки зрения генерации электроэнергии, ее распределения и управления. Кроме того, Iberdrola Renovables обеспечивает услуги, включающие управление проектами, инжиниринг, поставку, строительство и оперативную поддержку. Цель Iberdrola Renovables – предоставление услуг без каких-либо географических ограничений.

Клиентскими станциями FrontVue контролируются до 2,5 миллиона точек данных, которые общаются через OPC-протокол со скоростью 1 Гбит/с по резервированным каналам Ethernet TCP/IP. Каждое операторское место может обрабатывать до 70 000 точек ввода/вывода. В настоящее время внедрена следующая конфигурация: 13 файл-серверов PcVue, которые управляют миллионом переменных в реальном времени. Сеть может быть расширена без ограничений или структурных изменений.

Используя архитектуру PcVue-FrontVue, операторы могут проанализировать данные от удаленных ветровых электростанций детальным образом. Они всегда держат ситуацию под контролем и могут выполнить корректирующие действия в нужный момент в случае отклонений в работе. В системе собираются текущие значения, исторические данные, тревоги и тренды.

Национальный Центр управления ветровыми электростанциями в США

PcVue используется для наблюдения за ветровыми электростанциями в США, вырабатывающими 3877 МВт энергии ветра для более чем 41 независимых ветровых электростанций. Каждая из 2479 ветротурбин обеспечивает от 300 до 350 точек, данных, что приблизительно составляет от 700 000 до 850 000 точек данных ввода/вывода примерно на двух десятках серверов. Самой последней разработкой Iberdrola Renewables является ее Национальный центр управления (CORE) в г. Портланде, штат Орегон. В зале, который выглядит как Центр управления полетами НАСА, системные аналитики следят за каждой турбиной каждой ветровой электростанции США. Они наблюдают за работой и производительностью турбин и за приближающимися штормами, чтобы предупредить обслуживающий персонал об опасности. Кроме уже введенных в эксплуатацию объектов,

компанией Iberdrola Renewables реализуются несколько новых проектов на 850 МВт и 1000 МВт.

Литература

1. Ветроэнергетика. Материал из Википедии. <http://ru.wikipedia.org/wiki/BA%D0%B0>
2. Global installed wind power capacity 2008/2009 (MW),
http://www.gwec.net/fileadmin/documents/PressReleases/PR_2010/Annex%20stats%20PR%202009.pdf
3. Global Wind Installations Boom, Up 31% in 2009.
<http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2010/02/global-wind-installations-boom-up-31-in-2009>
4. Золотарев С.В. SCADA-пакет PcVue как интегрирующая платформа в системах мониторинга и управления процессами: результаты и основные тренды, Автоматизация зданий. 2010. № 3—.