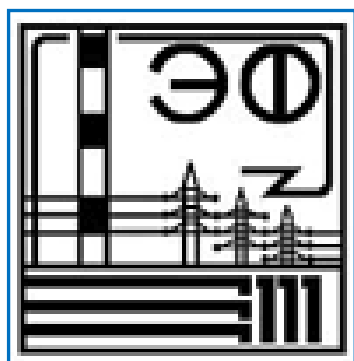


Министерство образования Республики Беларусь
Белорусский национальный технический университет

Энергетический факультет

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ



**Материалы 70 – й
научно – технической
конференции
студентов и аспирантов**

Электронное издание

Минск 2014

УДК 621.311
ББК 31 я 43
А 43

Р е ц е н з е н т

Зав. кафедрой «Электротехника»
УО БГАТУ, доцент, к.т.н. *А.В. Крутов*

В сборник включены тезисы докладов 70-й научно-технической конференции студентов и аспирантов БНТУ по секциям: «Электрические станции»; «Электрические системы»; «Электроснабжение»; «Тепловые электрические станции»; «Промышленная теплоэнергетика и теплотехника»; «Электротехника и электроника»; «Экономика и организация энергетики».

Белорусский национальный технический университет.

Энергетический факультет.

пр - т Независимости, 65/2, г. Минск, Республика Беларусь

Тел.: (017) 292-42-32 Факс: 292-71-73

E-mail: ef@bntu.by

<http://www.bntu.by/ef.html>

Регистрационный № ЭИ БНТУ/ЭФ39-___.2014

СЕКЦИЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

ПЕРЕЧЕНЬ ДОКЛАДОВ

ПАРОГАЗОВАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ НА ДРЕВЕСНОЙ ЩЕПЕ ПО ТЕХНОЛОГИИ *STIG*

Лазук Д.А.

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

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАФИКА ОТПУСКА ТЕПЛОТЫ В ТЕПЛОФИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Гареев А.А.

Научные руководители: Петровская Т.А., Шкляр И.В.

ЭНЕРГОГЕНЕРИРУЮЩАЯ УСТАНОВКА, НА МЕСТНЫХ ВИДАХ ТОПЛИВА, РАБОТАЮЩАЯ ПО ПАРОГАЗОВОМУ ЦИКЛУ

Райко Д.М.

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

СТРУКТУРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С УЧЁТОМ ФАКТОРА НАДЁЖНОСТИ

Гиль А.Ю.

Научный руководитель – Шкляр И.В.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ

Величко А.А., Середич А.Н., Шульженко И.И.

Научный руководитель – доцент Мигуцкий И.Е.

ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ В БЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Ефимова Ю.В., Латош В.В.

Научный руководитель – Мигуцкий И.Е.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЗЕРНОСУШИЛКЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА

Прокопенко И.В., Романенко Р.С., Ткачук М.М.

Научный руководитель – Мигуцкий И.Е., к.т.н., доцент

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРУЙНОГО ТРАНСФОРМАТОРА ТЕПЛОТЫ

Маковеев С.В., Чиканов С.И., Качанов В.В.

Научный руководитель - Космачева Э.М.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ И МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Васильев А.В.

Научный руководитель - Шкляр И.В.

МЕМБРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВОДЫ НА МАЛЫХ КОТЕЛЬНЫХ

Василевский А. А., Краско А. А.

Научный руководитель – Чиж В. А., к.т.н. доцент

ТУРБОНАДУВ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ДВС

Ильяков Д.В.

Научный руководитель - Бегляк А.В.

ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Хатянович П.П., Османов К.О., Хомец Е.А.

Научный руководитель - Петровская Т.А.

СОВРЕМЕННЫЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Янчук В.В.

Научный руководитель – Петровская Т.А.

ПРИМЕНЕНИЕ SCADA-ПАКЕТА В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

Янчук В.В., Кузьмич К.

Научный руководитель – Петровская Т.А.

КОГЕНЕРАЦИОННЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ЗАВОДА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ НПО «ИНТЕГРАЛ»

Давыдко М.И.

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

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ СОВРЕМЕННЫХ ЭДС

Хомец Е.А.

Научный руководитель – Бобич А.А.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК В ОБЛАСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА МЕСТНЫХ ВИДАХ ТОПЛИВА

Мясникович В. В., Шкловчик Д.И

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

БИОТОПЛИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Мясникович В. В., Матявин А. А.

Научный руководитель - Прокопеня И. Н.

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ ТЕПЛООБМЕННЫЙ АППАРАТ В СХЕМЕ ГТУ С ВНЕШНИМ СГОРАНИЕМ

Мясникович В. В.

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

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Лукашик О.С.

Научный руководитель - Космачева Э.М.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ОБЪЕМА ГАЗОВОДЯНОГО СКРУББЕРА ОТ ДАВЛЕНИЯ ВОДЫ В РАЗБРЫЗГИВАЮЩЕМ УСТРОЙСТВЕ

Никанович С.В., Черник А.А., Чернявский М.Г.

Научный руководитель - Космачева Э.М.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ УСТАНОВКИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ СУХОГО ЛЬДА

Никифоров И.А., Воробьев В.И.

Научный руководитель – Космачёва Э.М.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ФЛЕГМОВОГО ЧИСЛА НА АКТИВНЫЙ ОБЪЕМ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЫ

Саленик И.И.

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ - КОСМАЧЕВА Э.М.

УДК 621.311.2

ПАРОГАЗОВАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ НА ДРЕВЕСНОЙ ЩЕПЕ ПО ТЕХНОЛОГИИ *STIG*

Лазук Д.А.

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

В настоящее время актуальным является поиск новых технических решений для энергетических установок малых мощностей при использовании в виде топлива биомассы и органических отходов различных производств. К данной теме определенный интерес проявляется как на постсоветском пространстве, так и за рубежом.

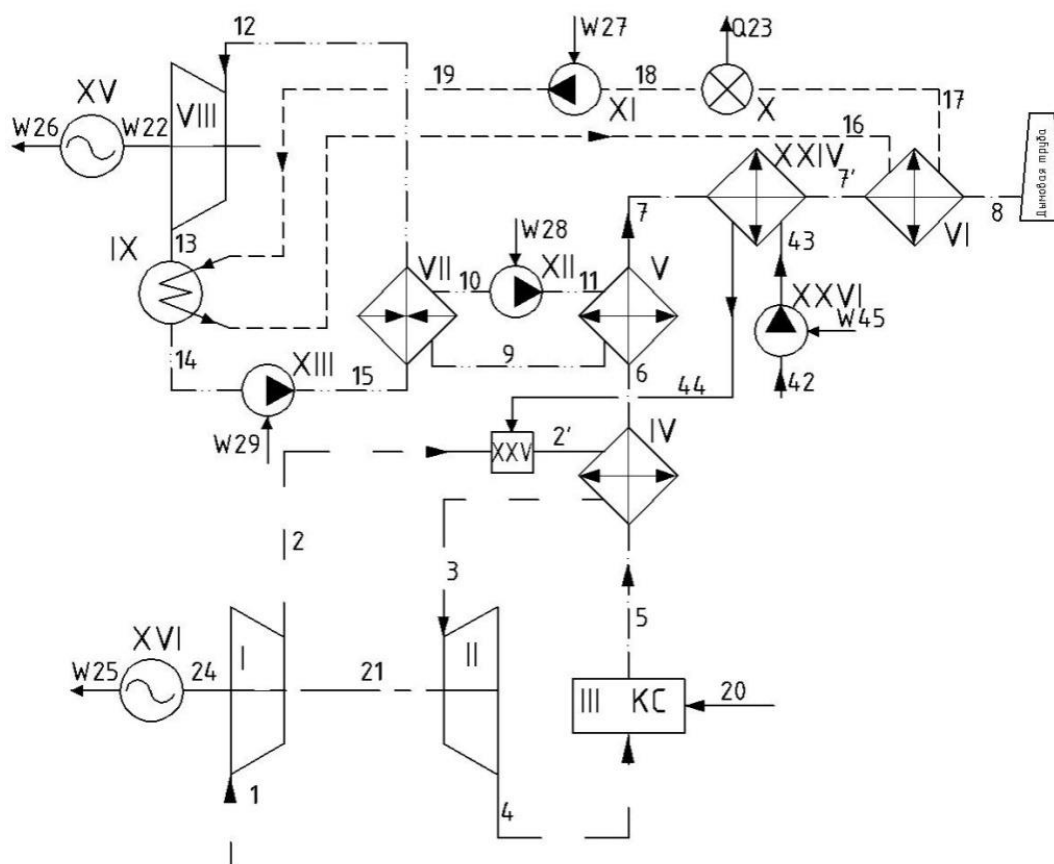
Наукой и практикой доказано, что наибольшей термодинамической эффективностью среди предлагаемых и применяемых в мировой практике тепловых энергетических установок обладают ПГУ с паротурбинным теплоизолирующим контуром – бинарные ПГУ (БПГУ). Одним из результатов дальнейшего совершенствования схем этих установок стал вариант ПГУ, получивший название контактных или монарных ПГУ, то есть МПГУ. В МПГУ предусмотрен подмес водяного пара в сжатый в компрессоре воздух. Как правило, доля поступающего пара может составлять от 5 до 25% от расхода воздуха.

За рубежом цикл МПГУ со смещением пара с окислителем в камере сгорания получил название *STIG* (Seam Injection Gas Turbine) и был запатентован в 1981 г. как цикл Cheng (по фамилии автора).

Возможности повышения работоспособности утилизированной теплоты, а также простота тепловой схемы вызывают повышенный интерес к МПГУ турбостроительных фирм.

На рисунке 1 приведена схема комбинированной энергетической установки по технологии «*STIG*», представляющей линейную комбинацию паровоздушной газотурбинной установки с внешним подводом теплоты (цикл Брайтона) и паросилового блока по технологии органический цикл Ренкина (ОРЦ).

Сжатый в компрессоре I воздух поступает в камеру смешения XXV, где образуется паровоздушная смесь. Она направляется в высокотемпературный воздухоподогреватель IV и затем в газовую турбину II. После расширения в газовой турбине, отработанная паровоздушная смесь подается в топку котлоагрегата III, работающего на биомассе. Продукты сгорания после топки последовательно проходят высокотемпературный воздухоподогреватель IV, теплообменник V, предназначенный для нагрева промежуточного теплоносителя (термомасла), испаритель XXIV и утилизационный теплообменник VI, в который поступает теплоноситель внутреннего водяного контура, предварительно нагретый в конденсаторе ОРЦ-модуля IX, внутренний водяной контур замыкается на тепловом потребителе X тепловой сети. Механическая энергия, вырабатываемая газовой турбиной, используется для привода компрессора I и электрогенератора XVI. Нагретое термомасло из подогревателя V поступает в испаритель VII. После испарителя органическое рабочее тело поступает на вход паровой турбины VIII и затем в конденсатор IX, конденсат насосом XIII подается в испаритель, замыкая паросиловой контур ОРЦ-модуля.



I - компрессор; II - газовая турбина; III - топка котла; IV- высокотемпературный воздухоподогреватель; V- теплообменник промежуточного масляного контура; VI – теплообменник водяного контура (экономайзер); VII- испаритель низкотемпературного рабочего тела; VIII - турбина 1-ой ступени контура на низкокипящем рабочем теле; IX - конденсатор; X - теплообменник; XI - циркуляционный насос; XII - циркуляционный насос масляного контура; XIII, XXVI - питательные насосы; XV, XVI - электрогенераторы; XXIV - испаритель; XXV - камера смешения воздуха и пара;

Рисунок 1 – Комбинированная энергетическая установка по схеме STIG

В результате исследования данной схемы получили, что для зоны максимальных значений КПД при значениях коэффициента расхода воздуха $\alpha = 3,5...4$ и степени сжатия в компрессоре – $\beta = 4..6$ электрический КПД составляет 31...39% соответственно для температур нагрева парогазовой смеси пред турбиной в диапазоне 700...950°С при сохранении коэффициента использования топлива на уровне 70%.

Выполненные расчеты показывают перспективность проведения работ в области создания парогазовых и газотурбинных установок на местных видах топлива. Очевидно, что наиболее короткий путь реализации подобных проектов является адаптация имеющихся на энергетическом рынке элементов исследованной технологической схемы.

УДК 697.343

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАФИКА ОТПУСКА ТЕПЛОТЫ В ТЕПЛОФИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Гареев А.А.

Научные руководители: Петровская Т.А., Шкляр И.В.

Выбор оптимального температурного графика водяной тепловой сети осуществляется при проектировании системы на основе технико-экономических расчетов. Основными факторами, влияющими на выбор температурного графика, являются затраты на строительство теплоисточников, тепловых сетей и теплопотребляющего оборудования, стоимость топлива, тепловые потери а так же затраты на транспорт энергоносителя. В связи с модернизацией систем автоматического регулирования теплопотреблением де-факто произошел переход от качественного метода регулирования отпуска тепловой энергии к количественно – качественному.

Вопросу оптимизации температурного графика систем теплоснабжения уделено большое внимание. Однако в большинстве случаев рассматривался качественный режим регулирования отпуска тепловой энергии. В системах теплоснабжения, в которых в качестве первоисточника используется ТЭЦ, необходимо дополнительно учитывать факторы, определяющие эффективность работы генерирующих установок, например температуру обратного теплоносителя, поступающего на станцию из тепловой сети. Проблема поиска оптимальной температуры сетевой воды усложняется тем, что невозможно найти общее решение абсолютно для всех паротурбинных ТЭЦ, что связано с большим многообразием используемых паровых турбин и их конструктивных особенностей.

Проведено ряд исследований и расчетов, полученные результаты которых подтверждают необходимость корректировки температуры прямой сетевой воды в зависимости от тепловой нагрузки, времени суток, температуры наружного воздуха и величины технологических потерь, т е создание динамических температурных графиков. Если на практике отсутствует возможность отслеживать изменение тепловых потерь в режиме реального времени, то допускается их принятию условно-постоянными для конкретного отопительного сезона, определяемыми по результатам тепловых испытаний. В этом случае температурный график теплоснабжений можно претставить в виде температурной зависимости от температуры окружающего воздуха. Тепловая нагрузка производственного потребителя оказывает влияние на изменение оптимума прямой сетевой воды при изменении состава функционирующего энергогенерирующего оборудования.

Производственные расчеты показали, что в рассмтренный период системная экономия топлива за отопительный период составит около 50 т.у.т. при относительном сокращении технологических потерь на транспортировку теплоносителя на уровне 4 - 5 %

В дальнейшем планируется оценить возможности внедрения на системах централизованного теплоснабжения РБ динамических температурных графиков с учетом реального времени транспортного запаздывания. Подобные работы по оптимизации температуры сетевой воды проводятся в настоящее время в системах централизованного теплоснабжения Дании, которые имеют существенные структурные различия.

Выводы:

1. Температурные графики теплоснабжения должны составляться индивидуально для каждой теплофикационной системы, даже в случаях с тепловыми источниками одного типа.
2. Оптимизация температуры прямой сетевой воды в автоматизированных системах теплоснабжения позволяет сократить технологические потери при транспортировке теплоносителя и приводит к системной экономии топлива. Данное мероприятие можно

расценивать как абсолютно эффективное, так как практически не требует привлечения финансовых затрат и достигается изменением режима работы оборудования ТЭЦ

Литература:

Седнин В.А. Богданович М.Л. Методическое пособие (Репозиторий БНТУ).

УДК 621.311.2

ЭНЕРГОГЕНЕРИРУЮЩАЯ УСТАНОВКА, НА МЕСТНЫХ ВИДАХ ТОПЛИВА, РАБОТАЮЩАЯ ПО ПАРОГАЗОВОМУ ЦИКЛУ

Райко Д.М.

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

Отечественная тепловая энергетика в течение десятилетий остается преимущественно паровой. Однако в настоящее время наиболее перспективной с точки зрения экономичности и возможности практической реализации является парогазовая установка (ПГУ).

Комбинированное производство электроэнергии и тепла является энергоресурсосберегающей технологией. Оно позволяет использовать 85 - 90% тепла топлива, превращая значительную его часть в электрическую энергию, принципиально более ценное, чем тепло. По сравнению с лучшими схемами раздельного производства общий расход топлива в данном случае оказывается на 20 - 25% меньше. Соответственно и уменьшаются выбросы в окружающую среду.

Мощные ПГУ работают главным образом на природном газе, который резервируется жидким топливом. Однако параллельно актуальным является поиск новых технических решений для энергетических установок малых мощностей при использовании местных видов топлива. Этой проблеме в республике уделяется особое внимание, о чем свидетельствует принятие концепции энергетической безопасности. Вопросы, касающиеся энергосбережения, снижения энергетической составляющей в себестоимости продукции стали еще более актуальными и заставили по-новому взглянуть на методы и возможные пути реализации программы по снижению энергопотребления, повышению конкурентоспособности продукции и приросту ВВП.

Данная парогазовая установка содержит два отдельных двигателя: паросиловой и газотурбинный. В газотурбинной установке в случае внешнего подвода теплоты турбину вращает предварительно нагретый продуктами сгорания воздух. Топливом служит древесная щепа.

На одном валу с газовой турбиной находится генератор, который за счет вращения ротора вырабатывает электрический ток. Сжигание древесной щепы происходит в котле с кипящим слоем. При этом для получения более высокого КПД установки коэффициент избытка воздуха увеличиваем с 1,3 до 3,5, т. е. после полного сгорания топлива (при $\alpha = 1,3$) дымовые газы смешиваем с оставшимся уже подогретым воздухом, получая на выходе из котла температуру продуктов сгорания равную 950°C.

Температура получаемых дымовых газов в котле достаточна для того, чтобы сначала нагреть воздух, подаваемый в турбину, а затем масло в масляном подогревателе, которое поступает в турбину, находящуюся на одном валу с генератором.

После масляного подогревателя дымовые газы нагревают воду в водоподогревателе. Так как продукты сгорания имеют еще достаточный потенциал энергии, то они отправляются в сушильную установку для древесной щепы, а далее уже через дымосос в окружающую среду.

Принципиальную схему приведем на рисунке 1.

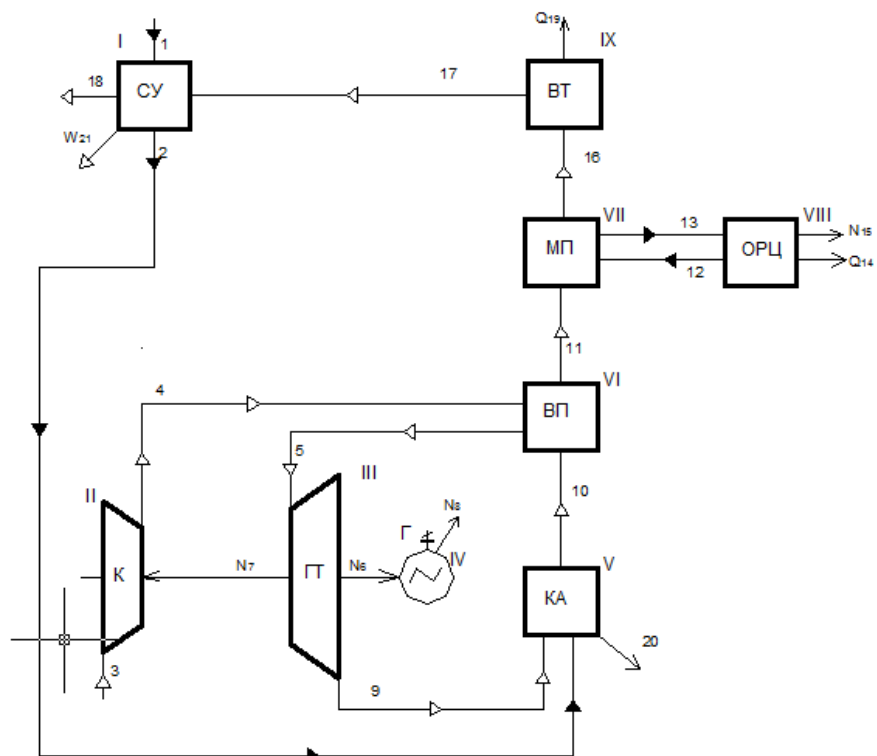


Рисунок 1 - Принципиальная схема парогазовой установки на местных видах топлива мощностью 1,3 МВт

Электрический КПД установки 34%, КПД использования топлива такой установки равен 81%.

УДК 697.343

СТРУКТУРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С УЧЁТОМ ФАКТОРА НАДЁЖНОСТИ

Гиль А.Ю.

Научный руководитель – Шкляр И.В.

Эффективность функционирования систем централизованного теплоснабжения во многом зависит от режимов работы тепловых сетей и систем теплоснабжения. Поэтому задача оптимизации режимов, проведения наладки и регулирования тепловых и гидравлических режимов в сложных системах крупных городов является весьма актуальной.

Формирование списка мероприятий по энергоэффективности, которые необходимо рассмотреть при разработке схемы теплоснабжения поселения, представляет собой неформальную задачу, при решении которой необходимо принять во внимание такие факторы: перспективы нового строительства; показатели надёжности существующей системы теплоснабжения, в особенности тепловых сетей; показатели энергетической эффективности источников тепловой энергии, тепловых сетей и потребителей тепловой энергии; динамику изменения объёма услуг централизованного теплоснабжения; протяжённость тепловых сетей в расчёте на единицу присоединённой мощности по каждой котельной; параметры, характеризующие альтернативные источники топлива и энергии.

Оптимизация режимов работы тепловых сетей относится к организационно-техническим мероприятиям, не требующих значительных финансовых затрат на внедрение, но приводящая к значительному экономическому результату и снижению затрат на топливно-энергетические ресурсы.

Разработка режимов (в отопительный и межотопительный периоды) проводится ежегодно с учетом анализа режимов работы тепловых сетей в предыдущие периоды, уточнения характеристик по тепловым сетям и системам теплоснабжения, ожидаемого присоединения новых нагрузок, планов капитального ремонта, реконструкции и технического перевооружения. С использованием данной информации осуществляются теплогидравлические расчеты с составлением перечня наладочных мероприятий, в том числе с расчетом дроссельных устройств для каждого теплового пункта.

Основным критерием оптимизационной задачи при разработке режимов и перераспределения тепловых нагрузок является снижение затрат на производство и транспорт тепловой энергии (загрузка наиболее экономичных тепловых источников, разгрузка ПНС) при имеющихся технологических ограничениях (располагаемые мощности и характеристика оборудования тепловых источников, пропускная способность тепловых сетей и характеристики оборудования перекачивающих насосных станций, допустимые рабочие параметры систем теплоснабжения и т.д.).

Проекты по термомодернизации зданий, подключённых к централизованным системам теплоснабжения, имеют синергетический эффект, который заключается в том, что снижаются тепловые потери не только в термомодернизированном здании, где реализованы те или иные энергосберегающие мероприятия, но и в тепловых сетях и котельных, где никаких мероприятий не проводилось. Изоляция тепловых сетей также имеет синергетический эффект, который реализуется в котельных. Мероприятия по повышению энергоэффективности котельных не обладают синергетическим эффектом, поскольку этот элемент системы является первым в цикле преобразования топлива в тепловую энергию. Синергетический эффект объясняется тем, что при снижении теплоснабжения зданий уменьшается тепловая нагрузка в котельных и тепловых сетях, поэтому при неизменном уровне относительных тепловых потерь в этих элементах системы абсолютные тепловые потери в них уменьшаются.

Показателем надёжности системы теплоснабжения является количество порывов трубопроводов тепловых сетей на 1 км. Важным показателем надёжности систем теплоснабжения является срок эксплуатации котлов с высоким КПД. Для трубопроводов тепловых сетей

главным является низкое содержание кислорода и углекислоты в подпиточной и сетевой воде. Следует отметить возрастающую роль химслужб предприятий в повышении живучести системы теплоснабжения. Косвенным показателем состояния тепловых сетей является величина сверхнормативной подпитки сетевой воды. Величина подпитки определяется по показаниям приборов учета подпиточной воды, величина нормативной подпитки определяется расчетным методом, разность этих величин представляет собой сверхнормативную подпитку. Для большинства систем теплоснабжения населенных пунктов характерно превышение величины фактической подпитки над нормативным уровнем в отопительный период.

Литература:

1. Никитин Е.Е. Системный подход к разработке энергоэффективных схем теплоснабжения городов и населенных пунктов // Энерготехнологии и ресурсосбережение. -2009.- №4.-С.89-97.
2. Никитин Е.Е., Дутка А.В., Тарновский М.В. Анализ структуры и эффективности функционирования централизованных систем теплоснабжения населенных пунктов. Киев, 2012.
3. Шарапов В.И., Ротов П.В. Регулирование нагрузки систем теплоснабжения/ - М.: Издательство «Новости теплоснабжения», 2007. – 164 с.; ил.

УДК 621.311.22:551.23

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ

Величко А.А., Середич А.Н., Шульженко И.И.
Научный руководитель – доцент Мигуцкий И.Е.

Геотермальная энергия обусловлена ростом температуры земной коры и мантии по мере приближения к ядру Земли. Эта температура с глубиной повышается в среднем на 20°C на 1 км, достигая на уровне 2 - 3 км от поверхности Земли более 100°C , а на глубине 100 км даже $1300 - 1500^{\circ}\text{C}$, что вызывает нагрев воды, циркулирующей на больших глубинах, до значительных температур. В течение последних 20 лет затраты только на создание новых геотермальных технологий превысили 2 млрд. долларов США.

Главным достоинством геотермальной энергии является возможность ее использования в виде геотермальной воды или смеси воды и пара для нужд горячего водоснабжения, для выработки электроэнергии, либо одновременно для всех трех целей, ее практическая неиссякаемость, полная независимость от условий окружающей среды, времени суток и года. Использование геотермальной энергии может внести существенный вклад в решение следующих неотложных проблем:

1. Обеспечение устойчивого тепло- и электроснабжения населения в тех зонах нашей планеты, где централизованное энергоснабжение отсутствует или обходится слишком дорого.
2. Обеспечение гарантированного минимума энергоснабжения населения в зонах неустойчивого централизованного энергоснабжения из-за дефицита электроэнергии в энергосистемах, предотвращение ущерба от аварийных и ограничительных отключений и т.п.
3. Снижение вредных выбросов от энергоустановок в отдельных регионах со сложной экологической обстановкой.

Геотермальная вода с температурой выше 140°C используется для выработки электроэнергии. С температурой ниже 100°C для систем отопления зданий и сооружений. С температурой около 60°C для систем ГВС. С температурами ниже 60°C для систем геотермального теплоснабжения теплиц, геотермальных холодильных установок и т.п.

По мере развития и совершенствования геотермальных технологий пересматриваются в сторону использования для производства электроэнергии геотермальных вод с все более низкими температурами ($70 - 80^{\circ}\text{C}$). Значительно повышается эффективность применения термальных вод при их комплексном использовании. В разных технологических процессах можно достичь наиболее полной реализации теплового потенциала воды, в том числе и остаточного, а также получить содержащиеся в термальной воде ценные компоненты для их промышленного использования.

Основной недостаток геотермальной энергии - необходимость обратной закачки отработанной воды в подземный водоносный горизонт. Другой недостаток этой энергии заключается в высокой минерализации термальных вод большинства месторождений и наличии в воде токсичных соединений и металлов, что в большинстве случаев исключает возможность сброса этих вод в расположенные на поверхности природные водные системы.

Отмеченные выше недостатки геотермальной энергии приводят к тому, что для практического использования теплоты геотермальных вод необходимы значительные капитальные затраты на бурение скважин, обратную закачку отработанной геотермальной воды, а также на создание коррозионно-стойкого теплотехнического оборудования. Однако в связи с внедрением новых, менее затратных, технологий бурения скважин, применением эффективных способов очистки воды от токсичных соединений и металлов капитальные затраты на отбор тепла от геотермальных вод непрерывно снижаются. К тому же следует иметь в виду, что геотермальная энергетика в последнее время существенно продвинулась в своем развитии.

Передовой компанией развивающей технологию использования геотермальной энергии является австралийская компания GeodynamicsLtd., разработавшая технологию Hot-Dry-Rock существенно повышающая эффективность преобразования энергии геотермальных вод в электроэнергию. Безусловно, реализовать эту технологию можно не в любом месте, а только там, где залегающий на глубине гранит нагревается до температуры не менее 250-270°С. При применении такой технологии ключевую роль играет температура, понижение которой на 50°С по оценкам ученых вдвое повысит стоимость электроэнергии.

В настоящее время геотермальная электроэнергетика развивается ускоренными темпами, не в последнюю очередь из-за галопирующего увеличения стоимости нефти и газа. Этому развитию во многом способствуют принятые во многих странах мира правительственные программы, поддерживающие это направление развития геотермальной энергетики.

Согласно прогнозным расчетам в 2030 году ожидается некоторое (до 12,5% по сравнению с 13,8% в 2000 году) снижение доли возобновляемых источников энергии в общемировом объеме производства энергии. При этом энергия солнца, ветра и геотермальных вод будет развиваться ускоренными темпами, ежегодно увеличиваясь в среднем на 4,1 %, однако вследствие «низкого» старта их доля в структуре возобновляемых источников и в 2030 году будет оставаться наименьшей.

Группа экспертов из Всемирной ассоциации по вопросам геотермальной энергии, которая произвела оценку запасов низко- и высокотемпературной геотермальной энергии для каждого континента, получила следующие данные по потенциалу различных типов геотермальных источников нашей планеты (таблица 1).

Таблица 1 – Потенциал геотермальной энергии

Наименование континента	Тип геотермального источника:		
	высокотемпературный, используемый для производства электроэнергии, ТДж/год		низкотемпературный, используемый в виде теплоты, ТДж/год (нижняя граница)
	Традиционные технологии	традиционные и бинарные технологии	
Европа	1830	3700	>370
Азия	2970	5900	>320
Африка	1220	2400	>240
Северная Америка	1330	2700	>120
Латинская Америка	2800	5600	>240
Океания	1050	2100	>110
Мировой потенциал	11200	22400	>1400

Крупнейшим производителем геотермальной электроэнергии являются США, где геотермальная электроэнергетика, как один из альтернативных источников энергии, имеет особую правительственную поддержку.

В настоящее время в Беларуси электроэнергия с использованием геотермальных источников не производится. Для отопления и очистки сточных вод первая насосная система небольшого масштаба была установлена в Минском районе в 1997 году. В настоящее время существует около 15 — 20 больших геотермальных тепловых насосов, предназначенных для отопления промышленных зданий. Во всех случаях системы работают с использованием воды из неглубоких скважин при температуре от 8 до 10°С.

По сообщению Международной Геотермальной Ассоциации (IGA) общая установленная в стране тепловая мощность составляет 3,42 МВт на 2011 год, количество произведенно-

го тепла — 9,5 ГВт*ч/год (или 33,79 ТДж/год). Средний коэффициент нагрузки равен 0,31, что считается относительно низким по сравнению с установками, работающими в США (коэффициент достигает 0,60).

В планах намечается строительство ряда геотермальных установок, в том числе проект, предназначенный для обогрева многоквартирных домов и тепличного комплекса (пилотная станция мощностью 1 МВт). Последняя введенная, под названием «Берестье», находится в городе Бресте и была построена Республиканским унитарным предприятием «Белгеология» с использованием скважины глубиной 1,5 км.

УДК 620.9

ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ В БЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Ефимова Ю.В., Латош В.В.

Научный руководитель – Мигуцкий И.Е.

В настоящее время Беларусь лишь на 16 - 17 % обеспечена собственными топливно-энергетическими ресурсами. Недостающая часть приобретается за пределами страны. Неэффективность энергетического сектора и всей экономики в целом делают крайне актуальными политику энергосбережения и реформирования энергетического сектора. От ее успешного решения в конечном итоге зависит повышение конкурентоспособности национальной экономики и благосостояния граждан.

Энергетическая безопасность, рациональное использование энергоресурсов, повышение энергоэффективности и внедрение энергоэффективных экологически чистых технологий - ключевые принципы развития и функционирования белорусского энергетического сектора.

Приоритетом энергетической политики нашего государства является повышение эффективности использования энергии как средства для снижения затрат общества на энергообеспечение и обеспечения устойчивого развития страны. Национальная экономика традиционно основывается на ископаемом топливе, это — нефть, уголь и природный газ. Данные ресурсы в основном используются для получения тепловой и электрической энергии, а также как технологическое топливо в промышленности, большая часть которых импортируется в нашу страну.

Поддерживать долю местных первичных ресурсов на практически одном уровне удается за счет вовлечения в разработку новых торфяных месторождений и за счет увеличения объемов заготовок топливной древесины. Но дефицит собственных топливно-энергетических ресурсов ставит под угрозу энергетическую безопасность страны.

Еще одним показателем, оценивающим энергетическую зависимость страны от внешних поставщиков топлива и энергии, является энергетическая самостоятельность, которая отражает долю производства (добычи) первичной энергии из природных источников Республики Беларусь в общем валовом потреблении первичной энергии и ее эквивалентов в стране. Она определяется как отношение объема производства (добычи) первичной энергии к объему валового потребления топливно-энергетических ресурсов и рассчитывается по формуле:

$$\text{ЭС} = (\text{ППЭ} \backslash \text{ТЭР}) \times 100$$

где: ППЭ — объем производства (добычи) первичной энергии в Республике Беларусь (тысяч тонн условного топлива).

Данный показатель не сильно изменился за последние 7 лет, в 2012 г. составил 13,3 %, что на 1,2 % пункта ниже, чем в прошлом году. Однако по сравнению с другими странами Западной Европы и странами ЕС он находится на очень низком уровне.

Беларусь по уровню энергетической самостоятельности занимает предпоследнее место после Молдовы. Самый лучший показатель у Азербайджана — 5,53 %, за ним следует Туркмения (2,17 %), Казахстан (2,09) и Россия (1,84 %). В странах Евросоюза этот показатель на уровне 0,49 %. Это еще раз подтверждает сильную зависимость нашей республики от импорта топливно-энергетических ресурсов. Поэтому приоритетными задачами отечественной экономики в сфере энергосбережения являются снижение потребления ТЭР, а также максимальное вовлечение в энергобаланс страны местного топлива и возобновляемых источников энергии. Согласно Национальной программе развития планируется увеличить их использование до 5,7 млн.т.у.т., а замещение импортируемого природного газа до 2,4 млрд.куб.м. к 2015 году.

В стране осуществляется системная работа по снижению энергоемкости внутреннего валового продукта.

В 2012 г. и 2013 г. практически отсутствует положительная динамика использования вторичных энергоресурсов и местных видов топлива. По итогам 2012 года доля местных топливно-энергетических ресурсов в балансе котельно-печного топлива в целом по республике составила 25 % при задании 25,2 %. Директивой Президента Республики Беларусь от 14 июня 2007 года № 3 «Экономия и бережливость — главные факторы экономической безопасности государства» определены основные задачи и меры по экономному и рациональному использованию топливно-энергетических ресурсов во всех сферах жизнедеятельности. Главная задача — обеспечить снижение энергоемкости продукции к 2015 году на 50 %, а к 2020 — не менее чем на 60 %. В связи с этим особое внимание уделяется установлению на всех уровнях контроля за рациональным использованием топливно-энергетических ресурсов.

Нужно принять во внимание, что на объем внедрения мероприятий влияет и размер финансирования, который в свою очередь зависит от общего состояния экономики страны. Доля инвестиций в топливно-энергетический комплекс от общих инвестиций в основной капитал составила 7 % в 2012 г. (11441,4 млрд. бел. руб.).

Таким образом, к основным факторам, ослабляющим энергетическую безопасность республики можно отнести: низкая обеспеченность собственными ТЭР; высокая энергоемкость экономики; высокая доля природного газа в топливно-энергетическом балансе страны; высокая степень износа основных производственных фондов в топливно-энергетическом комплексе; импорт ТЭР преимущественно из одной страны (России); большие затраты на импортируемые энергоресурсы.

УДК 620.9:662.6.004.1

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЗЕРНОСУШИЛКЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА

Прокопенко И.В., Романенко Р.С., Ткачук М.М.

Научный руководитель – Мигуцкий И.Е., к.т.н., доцент

Так как Республика Беларусь является преимущественно аграрной страной, то при осушке зерна существует проблема более рационального использования различных видов топлива.

Для сравнительного анализа рассмотрим зерносушилку М819. Существуют различные модификации данной сушилки, которые работают на разных видах топлива: древесина и дизельном топливе. Сушка производится с влажности 20% до влажности 14%.

Сравнительный анализ будет производиться по следующим критериям:

Для сушки 1 тонны зерна при использовании древесины необходимо сжечь 0,058 м³ данного топлива со стоимостью 1 м³ – 49000 рублей, а при использовании дизельного топлива необходимо сжечь 4 литра по цене 9500 рублей за 1 литр. Следовательно, использование древесины более экономично.

Конструкции сушилок, работающих на различных видах топлива, существенно различаются. Те из них, которые используют в качестве топлива древесину, более просты по конструкции, в эксплуатации и ремонте в отличие от более дорогих и требующих более сложного технического оснащения, работающих на дизельном топливе. Значит, эксплуатирование сушилок на древесине с экономической точки зрения более выгодно.

При сжигании на сушилке дизельного топлива количество вредных выбросов значительно больше, чем при сжигании древесины, что позволяет снизить загрязнение окружающей среды.

Так как калорийность дизельного топлива в 4 раза больше, чем у древесины, то процесс сушки зерна будет проходить более интенсивно. Следовательно, сушилки на дизельном топливе имеют высокую производительность, что позволяет выполнить уборку урожая в сжатые сроки, уменьшить потребление электроэнергии.

Процесс горения дизельного топлива более равномерный и стабильный, что влияет на постоянство температуры горячего воздуха в теплообменнике, это в свою очередь сказывается на качестве готового продукта. Чего трудно добиться в сушилках на древесине.

Количество персонала для обслуживания сушилки на древесине, значительно больше, чем у сушилок на дизельном топливе.

Исходя, из технико-экономического анализа целесообразнее и экономичнее использовать сушилки на дизельном топливе.

УДК 621.176

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРУЙНОГО ТРАНСФОРМАТОРА ТЕПЛОТЫ

Маковеев С.В., Чиканов С.И., Качанов В.В.
Научный руководитель - Космачева Э.М.

Во многих отраслях промышленности от различных пароиспользующих установок отводится значительное количество отработавшего или вторичного пара низкого давления, параметры которого непригодны для дальнейшего использования его в технологических аппаратах или в отопительно-вентиляционных системах. Однако при помощи механических или тепловых трансформаторов тепла можно повысить давление отработавшего пара для дальнейшего его использования и тем самым обеспечить значительную экономию теплоты и топлива.

Выпаривание является первым производственным процессом, в котором трансформаторы тепла получили применение. Дешевыми и надежными устройствами являются струйные компрессоры – инжекторы, подключенные к выпарному аппарату, когда за счет энергии рабочего пара (от источника пароснабжения) происходит инжекция с последующим сжатием вторичного пара до давления греющего. Степень повышения давления в таких аппаратах сравнительно невелика и составляет 1,2...4.

В работе представлены результаты анализа основных энергетических характеристик струйного компрессора, установленного на выпарном аппарате и предназначенного для компримирования вторичного пара до давления греющего. В частности исследованы зависимости коэффициента инжекции, расхода рабочего пара и КПД струйного компрессора от давления рабочего пара. При этом абсолютное давление вторичного и греющего пара приняты 0,2 и 0,3 МПа, соответственно, а давление рабочего пара варьировалось в диапазоне 0,6...1,0 МПа.

Результаты исследования показали, что повышение абсолютного давления рабочего пара в указанном выше диапазоне привело к увеличению коэффициента инжекции струйного компрессора в 1,8 раза при одновременном снижении расхода рабочего пара на 17,4 %. КПД струйного компрессора повысился для названных выше условий на 8 %, оставаясь, тем не менее, в пределах 20 %.

УДК 697.343

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ И МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Васильев А.В.

Научный руководитель - Шкляр И.В.

Системы теплоснабжения (СТС) являются важнейшей составляющей общей системы теплоснабжения, основные направления развития которой в Республике Беларусь определены концепцией Республики вплоть до 2020 года.

Стратегической целью Республики Беларусь, относительно теплоснабжения на сегодняшний день является снижение энергоёмкости ВВП Беларуси на 50%, по отношению к уровню 2005 г. и увеличению доли МВТ и КПТ до 28 - 30%. Обновление основных производственных фондов и уменьшение их износа увеличит надёжность работы централизованных систем теплоснабжения.

Огромное значение в развитии СТС Беларуси принимает внедрение комбинированной выработки при создании новых промышленных объектов и переоснащении старых. Современные достижения в области конструирования поршневых машин делают технически возможным и экономически целесообразным более масштабное применение совместного производства тепловой и электрической энергии в едином технологическом процессе. Этот достаточно известный процесс называют в настоящее время когенерацией. Он может быть реализован с использованием первичных газопоршневых двигателей и с самым широким использованием в качестве моторного топлива вторичных и попутных энергоресурсов.

Использование местных видов топлива так же удешевляет и оптимизирует СТС, так как рост цен на основной вид топлива – природный газ достаточно прогрессивен.

На сегодняшний день системы теплоснабжения представляют собой достаточно сложные технические системы со значительным количеством разнообразных по своему функциональному назначению элементов. Характерным для них является общность технологического процесса получения пара или горячей воды на котельной за счет энергии, выделяемой при сжигании органического топлива. Это позволяет в различных экономико-математических моделях учитывать только конечный результат работы СТС – подачу к потребителю теплоты $Q_{\text{пот}}$ в тепловых или стоимостных показателях, а в качестве главных факторов, определяющих величину $Q_{\text{пот}}$, считать затраты на производство и транспортирование теплоты: расход на топливо, электроэнергию и другие материалы, заработную плату, амортизацию и ремонт оборудования и пр.

Обзор методов термодинамического анализа позволяет сделать вывод, что оптимизацию параметров функционирования СТС так же целесообразно проводить и с использованием эксергетических методов. К таким методам относится метод термoeкономики, в котором удачно сочетаются и термодинамические, и экономические составляющие анализа СТС.

Основной идеей метода термoeкономики является использование для оценки изменений, происходящих в энергетической системе, некоторой обобщенной термодинамической характеристики, обеспечивающей получение конечного полезного эффекта. Учитывая, что в СТС энергия может передаваться как в форме теплоты, так и в форме механической работы, в качестве обобщенной термодинамической характеристики выбрана эксергия. Под эксергией теплоты следует понимать работу, которая может быть получена в обратимом прямом цикле при переходе некоторого количества теплоты Q_h от греющего источника с температурой T_h к окружающей среде с температурой T_{oc} .

При реализации, активном распространении и применении вышеперечисленных методов будет достигнуто повышение:

- уровня энергетической безопасности Республики Беларусь за счет эффективного использования топливно-энергетических ресурсов;

- надежности работы централизованных систем теплоснабжения за счет обновления основных производственных фондов и уменьшения их износа;
- эффективности функционирования систем теплоснабжения за счет применения передовых технологий и систем контроля и управления технологическими процессами;
- доли использования местных видов топлива в топливном балансе страны;
- применения энергосберегающих технологий и оборудования.

УДК 621.182.12

МЕМБРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВОДЫ НА МАЛЫХ КОТЕЛЬНЫХ

Василевский А. А., Краско А. А.

Научный руководитель – Чиж В. А., к.т.н. доцент

Системы очистки воды – неотъемлемая часть промышленных котельных, потому следует уделять внимание их дальнейшему развитию и модернизации.

В данной работе будут приведены общие сведения и результаты сравнения традиционных и мембранных схем водоподготовительных установок (ВПУ) на котельных малой производительности.

Наиболее популярные на сегодняшний день схемы очистки воды представляют двухступенчатую схему: на первой ступени ведется предочистка воды (известкование с коагуляцией), а на последующей дальнейшее умягчение воды до необходимых значений жесткости на ионообменных фильтрах.

Традиционные схемы очистки воды на котельных связаны с использованием большого количества громоздкого оборудования, требующего постоянного технического обслуживания квалифицированным персоналом в режиме реального времени. Это промывка осветлительных фильтров, регенерация ионообменных фильтров и замена фильтрующих материалов (катионита и зернистой загрузки).

Помимо этого традиционные методы очистки воды связаны с большими расходами химических реагентов на регенерацию ионообменных фильтров и предочистку питательной воды. Вследствие этого предприятие сбрасывает загрязненные сточные воды, за которые выплачивает денежные компенсации городским сетям.

Очевидно, что данная схема очистки и подготовки воды несовершенна.

На сегодняшний день все большее внимание привлекает альтернативный путь развития ВПУ – мембранные технологии. Исследования в данном направлении ведутся и в Национальной академии наук Беларуси

Альтернативным вариантом предочистки воды будет являться очистка воды на ультрафильтрационных мембранах.

Ионный обмен, представляющий вторую стадию традиционной очистки воды, заменим на обратноосмотические мембраны низкого давления.

Результаты сравнения представим в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Сравнение традиционной предочистки и ультрафильтрации

Фактор сравнения	Традиционная предочистка	Ультрафильтрация
Расход химических реагентов	Существенный	НЕТ
Контроль процесса	Необходим постоянный надзор квалифицированных специалистов химиков.	Полная автоматизация процесса
Рабочее давление	0,6 МПа	0,6 – 1 Мпа
Занимаемая площадь	–	Занимает в 4 раза меньшую площадь, чем традиционная очистка
Отмывка фильтров:	Периодическая, делается непосредственно рабочим персоналом.	Постоянная самоочистка фильтра.
Расход воды	Минимальный расход воды на промывку фильтров.	Расход воды больше чем в традиционном методе.

Таблица 2 – Сравнение ионного обмена и обратного осмоса

Фактор сравнения	Ионный обмен	Обратный осмос
Расход химических реагентов	Существенный расход	–
Рабочее давление	0,6 МПа	1, 03 Мпа
Контроль процесса	Необходим постоянный надзор квалифицированных специалистов химиков	Полная автоматизация
Занимаемая площадь	–	Занимает в 4 раза меньшую площадь
Очистка	Периодическая очистка требующая остановки фильтра. 2 работают, 3-й на регенерации.	Постоянная самоочистка, не требующая остановки

УДК 621.432

ТУРБОНАДУВ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ДВС

Ильяков Д.В.

Научный руководитель - Бегляк А.В.

Среди ведущих мировых производителей и разработчиков дизельных двигателей в 90-е годы сформировалась концепция о том, что система турбонадува является неотъемлемым компонентом современного экологически чистого двигателя. При этом турбонадув, в отличие от 70 - 80-х годов, перестал рассматриваться как средство форсирования двигателей, и подавляющее большинство современных базовых моделей дизелей проектируются и разрабатываются с наддувом.

Цель наддува двигателя внутреннего сгорания (ДВС) - улучшить наполнение цилиндров двигателя топливно-воздушной смесью для повышения среднего эффективного давления цикла и, как следствие, мощности двигателя путем принудительного увеличения заряда воздуха, поступающего в цилиндры. При этом существует лишь один вид атмосферного наддува - так называемый резонансный наддув, при котором используется кинетическая энергия объема воздуха во впускных коллекторах, и технически реализуемый с помощью воздушных коллекторов переменной длины и тщательной настройкой фаз газораспределения двигателя. Все остальные виды наддува связаны с увеличением давления поступающего в цилиндры воздуха выше атмосферного, используя для этого различные механические, электромеханические и газодинамические способы. При турбонадуве в качестве привода используется отработавший газ, который в обычном случае просто выбрасывается в атмосферу, без утилизации его энергии в полезную работу.

При работе двигателя с турбонадувом выхлопные газы подаются в турбину, где отдают часть своей энергии, раскручивая ротор турбокомпрессора, и затем поступают через приемную трубу в глушитель. На одном валу с лопаточным колесом турбины находится колесо компрессора, который засасывает воздух из воздушного фильтра, повышает его давление на 30 - 80% (в зависимости от степени наддува) и подает в двигатель. В один и тот же объем двигателя поступает большее по весу количество рабочей смеси и, следовательно, обеспечивается достижение на 20 - 50% большей мощности, а за счет использования энергии выхлопных газов повышается КПД двигателя и снижается удельный расход топлива на 5 - 20%.

На бензиновые двигатели также устанавливают системы турбонадува, несмотря на возникающие при этом проблемы. Первая - это детонация, появляющаяся вследствие повышенного давления конца такта сжатия и накладывающая ограничения по максимальной величине объемной степени сжатия в цилиндрах, и повышенные требования к качеству бензина, а именно к октановому числу. Во-вторых, предельно высокая максимальная температура рабочего цикла бензинового двигателя с турбонадувом требует повышенного внимания к выбору материалов выпускной системы и лопаток турбины, конструкции корпусных деталей турбокомпрессора (ТКР), необходимости дополнительного охлаждения подшипникового узла ТКР, а также к эксплуатационным качествам моторного масла.

Но, экологические приоритеты при разработке двигателей являются определяющими, а требования по выполнению все время ужесточающихся норм приводят к пересмотру уже утвердившихся подходов к разработке двигателей, а также систем и агрегатов наддува. Учитывая это, системы турбонадува на двигателях внутреннего сгорания, приобретают в настоящее время все более широкое распространение.

Литература:

1. <http://www.wikipedia.org>
2. В.Н. Каминский Системы и агрегаты наддува транспортных двигателей: учеб. пособие / В.Н. Каминский; М-во обр. и науки РФ, МГТУ «МАМИ» – Москва, 2011. – 126 с.

УДК 621.311.24

ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Хатянович П.П., Османов К.О., Хомец Е.А.

Научный руководитель - Петровская Т.А.

Ветроэнергетика, как и любая отрасль хозяйствования, должна обладать тремя обязательными компонентами, обеспечивающими ее функционирование: 1) ветроэнергетическими ресурсами, 2) ветроэнергетическим оборудованием, 3) развитой ветротехнической инфраструктурой. Гарантированная выработка утилизируемой энергии ветра с 7% территории Беларуси составит 14,65 млрд кВт/ч. Использование же зон с повышенной активностью ветра гарантирует выработку энергии на ветроэлектрической установке (ВЭУ) до 6,5 - 7,5 млрд кВт/ч с окупаемостью затрат в течение 5 - 7 лет. Выявленные на территории Беларуси площадки под ветроэнергетику — это, в основном, гряды холмов высотой от 20 до 80 м с фоновой скоростью ветра 5 м/с и более, на которых можно возвести от 5 до 20 ВЭУ. Каждому внедрению должно предшествовать детальное обследование места строительства ВЭУ. Исходя из ветроэнергетического потенциала только в Минской области насчитывается 1076 строительных площадок под размещение на каждой от 3 до 10 ВЭУ континентального базирования мощностью до 1000 кВт. Среднегодовая выработка только 10% этих ВЭУ в статистическом распределении времени работы в номинальном режиме от 2500 до 3300 часов в год на срок эксплуатации установок составляет около 2676 млн кВт(ч). Соответственно среднегодовая экономия жидкого топлива составит более 800 тыс. тонн. Сроки окупаемости капитальных вложений в ветротехнику сопоставимы со сроками окупаемости малых гидроэлектростанций, парогазовых и газо-мазутных электростанций и значительно ниже данных сроков для угольных, атомных и дизельных электростанций. ВЭУ начинает вырабатывать энергию немедленно после монтажа и при этом не требует гигантских единовременных капитальных вложений. Однако есть и недостатки: непостоянная и нерегулируемая выработка электрической энергии на базе ветрогенераторов, шумовое и электромагнитное воздействие на природу и человека, ВЭУ портит визуально ландшафт, имеет большие размеры. ВЭУ не следует устанавливать непосредственно вблизи города, т.к. в таком случае из-за плохой выветриваемости в нём начинает образовываться смог.

УДК 004.9

СОВРЕМЕННЫЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Янчук В.В.

Научный руководитель – Петровская Т.А.

Автоматизированные системы проектирования постепенно, но все же становятся обычным и привычным инструментом конструктора, технолога, расчетчика. Конкурировать иначе в условиях, когда сроки являются основным требованием заказчика, не представляется возможным. Надо осознать, что не только аппаратные, но и программные средства компьютеризации являются такими же важнейшими частями и ресурсами научно-производственного процесса, как персонал, сырье или электроэнергия.

Мы предлагаем внедрить в процесс обучения некоторые программы по термодинамическому моделированию. Особенно они будут полезны для студентов специальности «Промышленная теплоэнергетика и теплотехника». Эти программы упрощают многие расчеты и облегчают исследования. Ниже представлена краткая информация о каждой из них.

ANSYS FLUENT имеет широкий спектр возможностей моделирования течений жидкостей и газов для промышленного применения, учитывающих турбулентность, теплообмен, химические реакции. К примерам применения ANSYS FLUENT можно отнести как обтекание крыла, так и горение в печи, как и внешнее обтекание нефтедобывающих платформ, так и конвективное охлаждение сборки полупроводника. Специализированные модели горения, аэроакустики, вращающихся/неподвижных расчетных областей, многофазных течений серьезно расширяют области применения базового продукта.

Деформируемые, движущиеся сетки, превосходная масштабируемость при распараллеливании и современные вычислительные алгоритмы обеспечивают быстрое и точное решение задачи. Функции пользователя (UDF) позволяют внедрять новые пользовательские модели. Реализованные в ANSYS FLUENT интерактивные оболочки препроцессора, решателя и постпроцессора позволяют, находясь в одном приложении, выполнять остановку решателя, проверить результаты, изменять настройки, а затем продолжить вычисления.

Внедрение ANSYS FLUENT в ANSYS Workbench обеспечивает двустороннюю связь программы с основными CAD-системами, предоставляет широкие возможности создания и редактирования геометрической модели в ANSYS DesignModeler, а также разнообразные инструменты построения сетки ANSYS Meshing. Интеграция существенно облегчает передачу данных между программными приложениями (например, использование результатов расчета FLUENT в качестве нагрузки в последующем расчете прочности). Объединение этих преимуществ с широчайшим набором физических моделей и быстрым и точным решателем делает ANSYS FLUENT одним из ведущих программных пакетов по вычислительной гидродинамике на сегодняшний день.

ANSYS — универсальная программная система конечно-элементного анализа, существующая и развивающаяся на протяжении последних 30 лет, является довольно популярной у специалистов в сфере автоматизированных инженерных расчетов и решения линейных и нелинейных, пространственных задач механики деформируемого твердого тела и механики конструкций (включая нестационарные геометрически и физически нелинейные задачи контактного взаимодействия элементов конструкций), задач механики жидкости и газа, теплопередачи и теплообмена, электродинамики, акустики, а также механики связанных полей. Моделирование и анализ в некоторых областях промышленности позволяет избежать дорогостоящих и длительных циклов разработки типа «проектирование — изготовление — испытание».

FlowVision основан на численном решении трехмерных уравнений динамики жидкости и газа, которые включают в себя законы сохранения массы, импульса (уравнения Навье-Стокса), уравнения состояния. Для расчета сложных движений жидкости и газа, сопровожда-

емых дополнительными физическими явлениями, такими, как, турбулентность, горение, контактные границы раздела, пористость среды, теплоперенос и так далее, в математическую модель включаются дополнительные уравнения, описывающие эти явления.

FlowVision основан на следующих технологиях вычислительной гидродинамики и компьютерной графики:

- прямоугольная расчетная сетка с локальным измельчением расчетных ячеек
- аппроксимация криволинейных границ расчетной области методом подсеточного разрешения геометрии
- импорт геометрии из систем САПР и конечно-элементных систем через поверхностную сетку
- ядро программы написано на языке C++
- имеет клиент-серверную архитектуру
- пользовательский интерфейс - для операционных систем MS Windows и Linux
- система анализа результатов расчетов использует высококачественную графику на основе OpenGL.

В функциональное назначение Препроцессора входит импорт геометрии расчетной области из систем геометрического моделирования, задание модели среды, расстановка начальных и граничных условий, генерация или импорт расчетной сетки и задание критериев сходимости. После этого управление передается Решателю, который начинает процесс счета. При достижении требуемого значения критерия сходимости процесс счета может быть остановлен. Результаты расчета непосредственно во время счета доступны для Постпроцессора, в котором производится обработка данных - визуализация результатов и сохранение их во внешние форматы данных. Такое построение позволяет проводить моделирование и одновременно, визуализируя значение любой газодинамической переменной, анализировать результаты расчета, менять граничные условия и параметры математической модели. Архитектура программного комплекса FlowVision является модульной, что позволяет легко добавлять новые функциональные возможности и вносить улучшения.

FlowVision может успешно использоваться во многих областях применения:

Энергетика и металлургия

FlowVision является мощным средством для моделирования выработки и переноса энергии. Помогает понять в комплексе физические процессы, протекающие в энергетических установках:

- процессы горения и эмиссии
- моделирование работы котлов ТЭЦ и газотурбинных энергетических установок
- моделирование теплообменников
- сопряженный теплообмен газ-жидкость-твердое тело
- распределение температуры и продуктов сгорания в пламени, процессы образования окислов NOx
- потоки в трубах и газоходах
- литье и остывание расплавов металлов, расчет процесса затвердевания и кристаллизации

Нефтегазовая и химическая промышленность

- моделирование движения нефти и газа в насосных станциях, трубопроводах
- движение нефти и газоконденсата в пластах месторождений
- задачи перемешивания жидкостей в химических реакторах и специальных резервуарах, с учетом выделения тепла

процессы удаления отложений в нефтяных резервуарах

Атомная промышленность

- моделирование теплового режима ядерных реакторов и хранилищ отработанного ядерного топлива

- моделирование движения теплоносителя первого контура в различных типах реакторов расчет теплообменников
- проектирование насосов

К настоящему времени создано большое число программно методических комплексов для САПР с различной степенью специализации и прикладной ориентацией. В результате автоматизация проектирования стала необходимой составной частью подготовки инженеров разных специальностей.

Литература:

1. ANSYSFLUENT [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cae-expert.ru/node/89> – Дата доступа: 20.02.2014.
2. ANSYSCFD – универсальная программная система конечно-элементного анализа задач гидрогазодинамики. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.techgidravlika.ru/view_post.php?id=60. – Дата доступа: 20.02.2014.
3. FlowVision. Компьютерное моделирование трехмерных течений жидкости и газа. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cae.ustu.ru/cont/soft/flow.htm>. – Дата доступа: 23.02.2014.
4. FLOWVISION [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.thesis.com.ru/software/flowvision/applcs.php>. – Дата доступа: 23.02.2014.

УДК 621.398

ПРИМЕНЕНИЕ SCADA-ПАКЕТА В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

Янчук В.В., Кузьмич К.

Научный руководитель – Петровская Т.А.

Энергетика - одна из стратегически важных отраслей нашей промышленности, основа экономической независимости и безопасности страны. Это также и одна из статей валютных поступлений в бюджет страны.

В такой ситуации одним из приоритетных направлений совершенствования режимов управления объектами энергетики является построение современных автоматизированных систем управления производственными процессами (АСУТП).

Сегодня также крайне востребованы автоматизированные системы коммерческого учета энергоресурсов (АСКУЭ), так как такие системы позволяют навести порядок в расчетах между поставщиками и потребителями. И в результате выигрывают обе стороны.

И АСУТП и АСКУЭ – это системы реального времени. Техническими средствами для решения этих задач традиционно являются программируемые логические контроллеры и программное обеспечение для построения ЧМИ (человеко-машинного интерфейса), получившее название SCADA-системы (т.е. системы диспетчерского управления и сбора данных). Одним из наиболее известных и часто применяемых программных пакетов в этой области является iFIX компании GE Fanuc.

Западный опыт применения FIX в энергетике включает использование этого пакета и в управлении атомной станции в Венгрии и управление огромной гидроэлектростанцией в США на плотине Гувера, а также огромное количество других применений с контроллерами разных производителей.

Вообще FIX одна из самых распространенных на сегодня SCADA-систем с более чем 200 000 инсталляций в мире. Возможность работы с практически любыми контроллерами, надежность, простота и широкая функциональность завоевали этому программному обеспечению заслуженное признание специалистов.

Таким образом, GE Fanuc предлагает сегодня одно из лучших решений для построения АСУТП и АСКУЭ и обеспечивает выполнение современных требований в этой области.

Еще одним из наиболее известных и популярных SCADA-пакетов является SCADA-пакет PcVue компании ARC Informatique. PcVueпредназначен для создания систем сбора данных, диспетчерского управления и мониторинга различного масштаба.

Корпорация IberdrolaRenovables - мировой лидер в производстве электричества из возобновляемых источников энергии, выбрала PcVue для управления ветряными электростанциями в Испании, которые суммарно генерируют 9600 МВт энергии. Линия связи представлена частной спутниковой сетью.

Главная цель проекта состояла в том, чтобы централизованно собирать информацию и от ветряных электростанций (особенно аварийные и исторические данные) и представлять ее диспетчеру. Система управления на каждом участке передает основные текущие данные от генераторов и различных подстанций. Центр управления использует эти данные, чтобы идентифицировать и диагностировать потенциальные проблемы и, в случае необходимости, принять решение о вмешательстве. Работающие в среде Windows, PcVue и FrontVue способны к сбору данных и управлению миллионами точек ввода/вывода в оперативном режиме от тысяч устройств. Сеть может быть расширена без ограничений или структурных изменений.

Используя архитектуру PcVue-FrontVue, операторы могут детальным образом проанализировать данные от удаленных ветряных электростанций. 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. Учитывая огромный объем данных, наблюдение производится на двух уровнях.

Таким образом, применение SCADA-пакета в теплоэнергетике является очень перспективным. Он позволяет автоматизировать многие трудоемкие процессы и тем самым облегчает работу.

Литература

1. Применение SCADA-пакета iFIX компании Intellution [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.masters.donntu.edu.ua/2011/etf/suchorukov/library/article4.htm>. – Дата доступа: 28.03.2014.
2. Практический взгляд на SCADA-пакет PcVue: крупномасштабные внедрения на транспорте, в энергетике и инженерных системах жизнеобеспечения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://asutp.ru/?p=600652>. – Дата доступа: 24.03.2014.

УДК 621.432

КОГЕНЕРАЦИОННЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ЗАВОДА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ НПО «ИНТЕГРАЛ»

Давыдко М.И.

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

В числе приоритетных задач энергетики последних десятилетий утвердилась позиция эффективного использования энергоресурсов в целом и первичных в частности. Комбинированная выработка электрической энергии на базе теплового потребления (теплофикация или когенерация), зародившаяся в начале прошлого столетия на основе паротурбинных электростанций, сегодня признана во всем мире как один из основных путей снижения потребления первичных энергоресурсов. Однако теплофикация на базе паротурбинной технологии имеет определенные ограничения, которые в сочетании с характерной структурой энергопотребления промышленного региона, предопределяет долю электроэнергии, вырабатываемой на тепловом потреблении, на уровне 30% общего производства. Вместе с тем теплофикации нет альтернативы и большинство европейских стран рассматривают ее как ключевое направление развития национальной энергетики.

Строительство когенерационной установки на природном газе на базе ПО “Интеграл” полностью отвечает современным технологическим требованиям, использует высокий энергopotенциал топливного газа, обеспечивает существенную экономию топлива по республике.

Строительство когенерационной установки с применением газопоршневых агрегатов возможно и экономически целесообразно. Годовой отпуск электроэнергии когенерационными установками составит порядка 111 ГВт·час при удельном расходе условного топлива 294 г/кВт·ч (на Лукомльской ГРЭС – 320 г/кВт·ч), что дает сокращение импорта условного топлива в страну. При этом себестоимость электроэнергии намного меньше (4,8цента/кВт·ч), чем действующий тариф на электроэнергию (10 центов/кВт·ч), что существенно улучшит финансовое состояние предприятия.

УДК 621.432

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ СОВРЕМЕННЫХ ДВС

Хомец Е.А.

Научный руководитель – Бобич А.А.

В данной теме рассмотрим четырехтактный ДВС, работающий по циклу Аткинсона и шеститактный ДВС (двигатель Кроуэра).

Цикл Аткинсона — модифицированный цикл Отто 4-х тактного двигателя внутреннего сгорания. Традиционный четырехтактный двигатель работает по циклу: впуск, сжатие, рабочий ход, выпуск. Джеймс Аткинсон в 1886 году усовершенствовал эту схему. Отличие состоит в том, что двигатель получил специальный коленвал со смещенными точками крепления. Это позволило снизить потери на трение и поднять степень сжатия мотора. Также в двигателе Аткинсона другие фазы газораспределения. Если на обычном ДВС впускной клапан закрывается практически сразу по прохождении поршнем нижней мертвой точки, то в новой схеме такт впуска значительно длиннее — клапан закрывается лишь на полпути поршня к верхней мертвой точке, то есть, когда в цикле Отто уже всюду идет такт сжатия.

В теории такая система должна была улучшить процесс наполнения цилиндров, что в свою очередь привело бы к экономии топлива и увеличению показателей мощности мотора. В общем-то, цикл Аткинсона на 10% показательней по эффективности, чем цикл Отто. Но все же серийно автомобили с таким ДВС не выпускались и не выпускаются. А дело все в том, что обеспечить свою нормальную работу такой двигатель может только на повышенных оборотах, при холостых — он стремится заглохнуть. Чтобы этого не происходило, разработчики и инженеры пытались внедрить в систему нагнетатель с механикой, но его установка, как выяснилось, сводит практически к нулю все плюсы и достоинства двигателя Аткинсона. В виду этого серийно автомобили с таким двигателем практически не выпускались. Один из самых известных — Mazda Xedos 9/Eunos 800, выпускаемая в 1993-2002 годах. Автомобиль оснащался 2,3-литровым двигателем V6, с мощностью в 2010 л.с.. Зато цикл Аткинсона очень пригодился автопроизводителям при создании гибридных моделей (вроде Toyota Prius). Ведь на малых скоростях такие машины передвигаются, в основном, на электротяге, а бензиновый двигатель подключается только при разгоне или при больших нагрузках. Эта схема с одной стороны позволяет нивелировать врожденные недостатки мотора Аткинсона, а другой — максимально использовать его положительные качества.

Шеститактный двигатель — это тип ДВС, для которого за основу взят четырёхтактный двигатель, но в нём в конструкцию введены новые элементы, повышающие его КПД и снижающие потери. Температура газов в камере сгорания четырехтактного ДВС Отто достигает 2000°С. Внутренние стенки цилиндра, и рабочая поверхность поршня нагреваются до 1500°С. Часть тепловой энергии уходит из камеры сгорания на четвертом такте вместе с выхлопными газами. Чтобы быстро отвести тепло и охладить камеру сгорания до оптимальной температуры, применяется мощная система охлаждения, неисправность которой грозит поломкой двигателя.

Брюс Кроуэр придумал способ, как превратить тепло двигателя во вращение коленчатого вала. Изобретатель решил, что в концепции Отто не хватает еще двух тактов — рабочего и холостого. Но источником энергии для них должна служить не очередная порция топливовоздушной смеси, а избыточная температура. В качестве рабочего тела он применил простую воду. При атмосферном давлении вода, превращаясь в пар, увеличивает свой объем в 1600 раз и обладает колоссальной энергией. В двигателе Кроуэра вода впрыскивается в камеру сгорания в виде мельчайших капелек под давлением около 150 атм., когда заканчивается четвертый такт цикла Отто и поршень возвращается в исходное положение. Попадая на раскаленную поверхность поршня и гильзы цилиндра, вода превращается в пар и толкает поршень вниз, совершая рабочий пятый такт. На шестом такте отработанный пар удаляется из

камеры сгорания через выпускной клапан. Таким образом Кроуэр заставляет уже сгоревшее топливо еще раз совершить полезную работу, используя его «тепловой фантом». Эту концепцию изобретатель назвал Steam-o-Lene.

Цикл Кроуэра отличается от традиционного цикла Отто не только количеством тактов, но и отношением количества рабочих тактов к их общему числу. Так, у Отто это отношение составляет 1:4, а у Кроуэра – 1:3, дополнительные 40% полезной работы совершаются на неизменном количестве топлива. На четвертом такте раскаленные выхлопные газы не удаляются из камеры сгорания полностью, а сжимаются поршнем, создавая очень высокое давление. Вода в такой среде испаряется быстрее и равномернее. Далее отработанный пар поступает в конденсатор, где охлаждается и снова превращается в воду. Часть остаточного тепла используется для обогрева салона автомобиля.

Преимущества Steam-o-Lene перед традиционными четырехтактными ДВС очевидны. Во-первых, радикально решается проблема эффективного охлаждения внутренних стенок камеры сгорания и специальная система охлаждения весом более 100 кг оказывается не нужна. Отсутствие радиатора позволяет дизайнерам уменьшить коэффициент аэродинамического сопротивления кузова автомобиля за счет отказа от воздухозаборников и решетки радиатора. А это один из самых существенных факторов, влияющих на расход топлива при скоростях выше 60 км/ч.

Во-вторых, внутреннее охлаждение позволяет существенно, на 30–50%, форсировать двигатели по степени сжатия, избежав при этом детонации. Степень сжатия для бензиновых модификаций может быть увеличена до 14–16:1, а для дизельных – до 25–35:1. Это резко повышает эффективность сгорания топливовоздушной смеси (на 40% по сравнению с циклом Отто), тем самым улучшая экологические характеристики двигателя. Размеры и масса мотора могут быть снижены без ущерба для динамики авто.

Два рабочих такта из шести в цикле Кроуэра позволяют значительно снизить скорость вращения коленвала и получить ровную и насыщенную «полку» крутящего момента с самых низких оборотов. Steam-o-Lene может отлично работать на низкокачественном дешевом топливе без антидетонационных присадок. Топливом могут служить биоэтанол, дизель, природный газ и даже топочный мазут. Относительно низкий температурный режим в камере сгорания резко снижает образование вредной двуокиси азота. А между тем системы фильтрации и нейтрализации двуокиси азота в современных автомобилях весьма дорогостоящи. Брюс также предполагает, что горячий пар может предотвращать появление нагара на клапанах и стенках камеры сгорания, очищая их во время «парового» такта подобно пароочистителю. Но для подтверждения этого эффекта требуются длительные испытания прототипа.

Разумеется, концепция Кроуэра не лишена недостатков. Основная проблема – это замерзание воды зимой. Добавление антифриза может негативно сказаться на эффективности испарения и экологических параметрах двигателя. Проблему могла бы решить термоизоляция водяного резервуара и его предварительный подогрев от аккумулятора. Но как быть, если автомобиль длительное время находится на открытом воздухе?

Другая проблема – необходимость установки на автомобиле дополнительного оборудования для хранения и конденсации воды. Правда, масса его обещает быть незначительной: в рабочем контуре пар и вода будут находиться при атмосферном давлении и максимальной температуре чуть более 100°C, что позволяет использовать вместо металла легкие пластмассы. Не исключено, что часть воды будет попадать в моторное масло и это потребует установки специального сепаратора для ее отделения. Впрочем, давно отработанные технологии смазки паровых турбин для нужд энергетики имеют целый ряд готовых решений этой проблемы. Для изготовления клапанов, поршня и гильзы цилиндра, скорее всего, потребуются нержавеющие материалы, в частности керамика.

Steam-o-Lene не может работать полноценно сразу после запуска – ему нужно время для разогрева рабочих поверхностей камеры сгорания до 450–500°C. Несколько минут он работает как обычный 4-тактный ДВС, а затем переходит на полный рабочий цикл. Перед остановкой мотор тоже должен некоторое время поработать в 4-тактном режиме для полного

удаления пара из цилиндра. Разумеется, вода должна быть дистиллированной: при использовании обычной на седле клапана со временем образуется твердая накипь, обладающая высокими абразивными свойствами. При серийном производстве двигателей цикла Кроуэра придется наладить целую инфраструктуру производства и реализации дистиллированной воды.

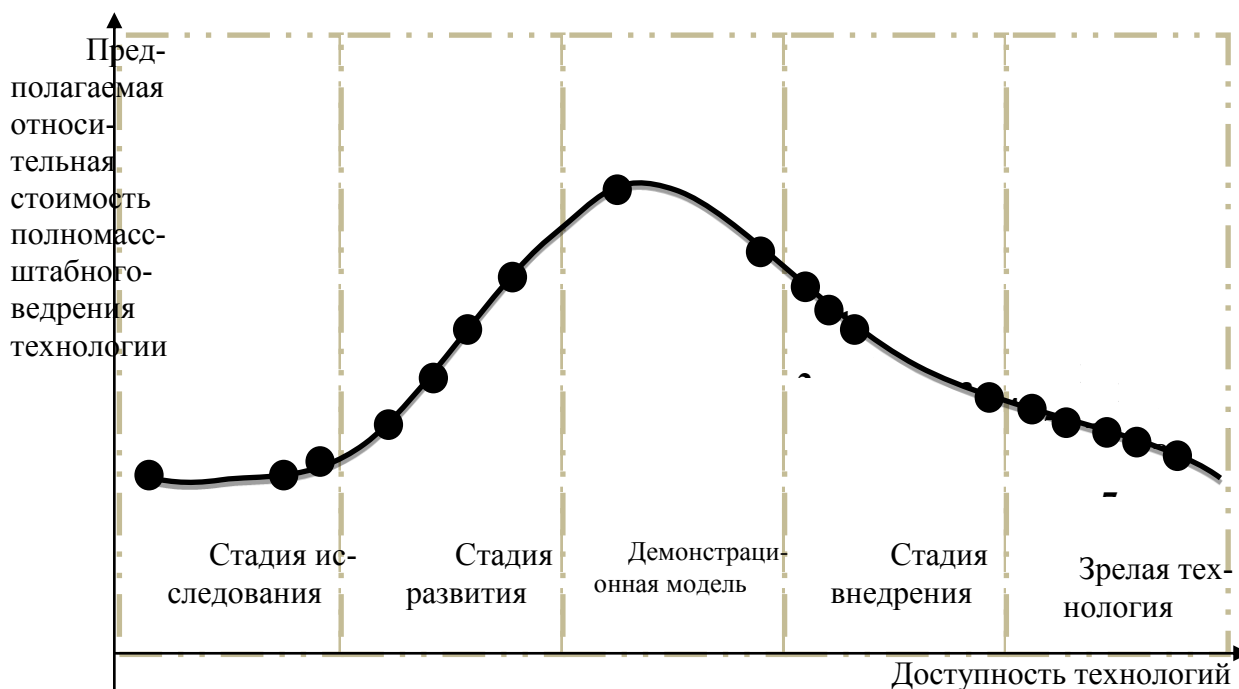
УДК 620.91/.98

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК В ОБЛАСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА МЕСТНЫХ ВИДАХ ТОПЛИВА

Мясникович В. В., Шкловчик Д.И

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

Выработка ЭЭ за счет энергии биомассы может быть достигнута в широком диапазоне видов биотоплива и при различных технологиях получения электроэнергии, которые могут включать в себя промежуточный процесс, например, газификация. Технологии доступны в диапазоне от коммерчески проверенных решений с широким спектром поставщиков до тех, что только внедряются в промышленных масштабах. Есть и иные технологии, которые находятся на ранней стадии развития, рисунок 1.



1 – топливные элементы и газификация биомассы, 2 – био-водород, 3 – био-топливо, 4 – биотехнологии совместно с солнечными/геотермальными технологиями, 5 – газификация по давлением, 6 – высокоскоростное совместное сжигание, 7 – производство пеллетов, 8 – газификация при атмосферном давлении, 9 – технологическое получение топлива, 10 – полный переход на биомассу, 11- пиролиз, 12 – среднескоростное совместное сжигание, 13 – сжигание ТБО, 14 – анаэробное сбраживание, 15 – свалочная газификация, 16 – низкоскоростное совместное сжигание, 17 – когенерация, 18 – паротурбинная технология.

Рисунок 1 – Современное состояние технологий производства электроэнергии за счет использования биомассы

УДК 620.95

БИОТОПЛИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Мясникович В. В., Матявин А. А.

Научный руководитель - Прокопеня И. Н.

Биотопливо является наиболее дешевым и возобновляемым источником энергии. Виды топлива, которые используются или будут использоваться, могут составить длинный список в зависимости от географического месторасположения и целей выработки энергии.

Так, солому, как один из видов биомассы, невыгодно использовать как топливо из-за высокого содержания щелочей и хлора, которые могут приводить к значительной коррозии поверхностей нагрева котлов.

Древесно-растительная масса – наиболее перспективный и значительный возобновляемый источник энергетического сырья в Беларуси. Доступный потенциал этого вида биомассы составляет около 3 млн т у. т./год.

Отходы растениеводства, такие как солома, костра, лузга и так далее – фитомасса с энергопотенциалом по различным оценкам до 2 млн т у. т./год (без выращивания специальных высокоурожайных сортов растений на биотопливо).

Отходы животноводства, которые при биологической переработке способны обеспечить энергопотенциал, эквивалентный примерно 1,5 млн т у. т./год, а также принести дополнительный экологический эффект.

Потенциальная энергия бытовых органических отходов может оцениваться в 0,5 млн т у. т./год.

В нашей стране реальный запас неиспользованного древесного сырья во всех отраслях народно-хозяйственного комплекса оценивается примерно в 8 - 10 млн м³, из которого можно ежегодно получать энергии в объеме от 3 до 4 млн т у. т.

По прогнозам на 2015 год будет доступно порядка 9,46 млн м³ древесных отходов в лесах Республики Беларусь, из них технически доступные – 5,96 млн м³, экономически доступные – млн м³.

Дополнительным источником топливных ресурсов может быть древесина, вырубленная при раскорчевке или расчистке сельскохозяйственных земель от леса и кустарника для трансформации угодий и других целей, а также при торфодобыче и торфопереработках со среднегодовым объемом добычи порядка 1,2 млн м³. А ликвидация сухостоя ежегодно будет приносить в среднем 0,6 млн м³ дровяной древесины.

Литература

Малая энергетика на биотопливе / А.В. Вавилов, Г.И. Жихар, Л.П. Падалько и др. – Мн.: УП «Техно-принт», 2002. – 248 с.

УДК 621.438

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ ТЕПЛООБМЕННЫЙ АППАРАТ В СХЕМЕ ГТУ С ВНЕШНИМ СГОРАНИЕМ

Мясникович В. В.

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

Биомасса как низкокалорийное твердое топливо имеет ряд негативных свойств, затрудняющих ее использование: низкая энергетическая плотность; высокая влажность, снижающая теплотворную способность; неоднородность по фракционному и химическому составу, затрудняющие процессы автоматизации и подачи топлива. Также за счет использования низкокалорийных топлив понижается температурный потенциал образующихся в процессе горения дымовых газов, что ухудшает условия теплообмена в энергетических установках и увеличивает их стоимость.

Апробированной и наиболее распространенной технологией для строительства мини-ТЭЦ на местных видах топлива является паросиловая технология на органическом теплоносителе (ОРЦ) с применением прямого сжигания топлива в котлоагрегате и промежуточным теплоносителем (высокотемпературное масло) для передачи теплоты от продуктов сгорания к органическому рабочему телу. Максимальная температура органического рабочего тела в действующих установках, как правило, не превышает 250...300°C. Электрический КПД ОРЦ-модуля в этом случае не превышает 20% в теплофикационном режиме работы и 25% в конденсационном режиме, соответственно электрический КПД энергоблока с учетом тепловых потерь в котлоагрегате находится на уровне 14...20%. Учитывая, что температурный потенциал продуктов сгорания при сжигании биомассы может составлять 900...1000°C, с термодинамической точки зрения для повышения средне-интегральной температуры подвода теплоты целесообразно рассмотреть возможность использования в данном типе электростанций бинарного цикла путем применения надстройки газотурбинного блока с внешним подводом теплоты.

Разработка высокоэффективных технических решений для теплообменного оборудования, в частности, высокотемпературного теплообменника, применяемого в комбинированных установках производства тепловой и электрической энергии на местных видах топлива и разработка методик анализа влияния параметров теплообменных аппаратов на эффективность работы установок позволит снизить удельную стоимость тепловых электростанций, использующих низкокалорийное твердое топливо.

УДК 637.02

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Лукашик О.С.

Научный руководитель - Космачева Э.М.

Экономия топливно-энергетических ресурсов на предприятиях любого профиля достигается повышением энергетического КПД оборудования путем улучшения организации технологических процессов и режимов работы машин и аппаратов (сокращения непроизводительных затрат), а также вовлечением в производство вторичных энергоресурсов. Оба пути обладают высоким энергетическим и экономическим эффектом.

На предприятиях молочной промышленности для реализации технологических процессов требуется использование холодильных машин. С другой стороны, в течение всего года существует большая потребность в горячей воде, как на технологические цели, так и на цели отопления и вентиляции производственных помещений. Таким образом, имеются все условия для выгодного применения тепловых насосов.

В работе рассмотрен вопрос возможного применения теплового насоса в технологии пастеризации молока на предприятии молочной промышленности. Холодное необработанное молоко подается насосом в теплообменник, выполняющий функции регенератора, где оно нагревается горячим пастеризованным молоком, выходящим из пастеризатора, и направляется в пастеризатор. В нем молоко нагревается до температуры $\sim 75^{\circ}\text{C}$ горячей водой, подогретой в охладителе рабочего тела теплового насоса, а затем до температуры $\sim 85^{\circ}\text{C}$ в электронагревателе.

Вышедшее из пастеризатора молоко проходит через регенератор, где частично охлаждается и направляется в охладители. В одном из охладителей в качестве охлаждающей среды используется холодная водопроводная вода, а в другом – ледяная вода, поступающая из испарителя холодильной машины. В результате пастеризованное молоко охлаждается до температуры $\sim 6^{\circ}\text{C}$ и сливается в теплоизолированную емкость.

Подогретая в вышеназванном охладителе водопроводная вода далее нагревается до температуры $45...50^{\circ}\text{C}$ в конденсаторе фреоновой холодильной установки, предназначенной для получения ледяной воды в испарителе за счет кипения в нем рабочего тела (фреона). Таким образом, холодильная установка используется как тепловой насос, т.е. реализуется комбинированная холодильно - теплонасосная установка. Как показали расчеты, экономия условного топлива в энергосистеме предприятия на 1 тонну пастеризованного и охлажденного молока составит ~ 18 кг у.т.

УДК 66.074

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ОБЪЕМА ГАЗОВОДЯНОГО СКРУББЕРА ОТ ДАВЛЕНИЯ ВОДЫ В РАЗБРЫЗГИВАЮЩЕМ УСТРОЙСТВЕ

Никанович С.В., Черник А.А., Чернявский М.Г.

Научный руководитель - Космачева Э.М.

Смесительные теплообменники являются достаточно распространенными аппаратами. Их применяют в тех случаях, когда допустимо смешение теплоносителей или когда это смешение определяется технологическими условиями. Наиболее часто смесительные теплообменники применяют для конденсации водяного пара, нагревания или охлаждения воды и газов.

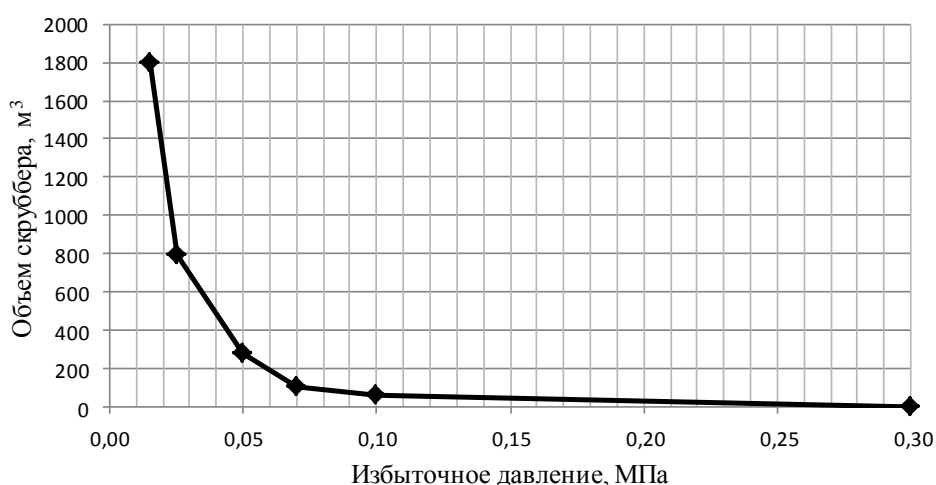
В безнасадочных смесительных теплообменных аппаратах устанавливают специальные весьма разнообразные разбрызгивающие устройства для увеличения поверхностного контакта между водой и паром или газом. В этих аппаратах контакт и теплообмен между фазами происходит на поверхности капель. Расчет таких аппаратов сводится к определению объема камеры по формуле

$$V = \frac{Q}{\alpha F \Delta t \varphi}, \quad (1)$$

где Q - тепловая нагрузка аппарата (определяется из теплового баланса теплообменного аппарата), Вт; α - коэффициент теплоотдачи (или теплопередачи) от среды к среде, Вт/(м²·К); F - поверхность капель в 1 м³ объема скруббера, м²/м³; Δt - разность температур теплоносителей, °С; φ - коэффициент совершенства процесса теплообмена (0,85...0,95).

Определение величин, входящих в выражение (1) описано в литературе. Избыточное давление жидкости (воды) перед разбрызгивающим устройством $p_{изб}$ предопределяет величину диаметра капли d_k , от которого зависит скорость витания капли $w_{вит}$, а значит и действительная скорость падения ее в скруббере w_0 . Кроме того, согласно методике расчета

Рисунок 1 - Зависимость объема скруббера от избыточного давления воды в разбрызгивающем устройстве



объема скруббера интенсивность теплообмена, и как следствие объем смесительного аппарата также зависят от диаметра капли. Моделирование алгоритма расчета объема скруббера (формула 1) для охлаждения потока воздуха водой в режиме противотока при различ-

ных значениях избыточного давления воды в форсунке позволило сделать следующие выводы: Для принятого режима изменения параметров теплоносителей (холодная вода – горячий воздух) с повышением избыточного давления воды в разбрызгивающем устройстве объем скруббера существенно снижается (рисунок 1). Так повышение избыточного давления от 0,015 до 0,1 МПа приводит к снижению объема скруббера более чем в 30 раз.

1. В то же время дальнейшее (выше 0,1 МПа) повышение давления воды производить нецелесообразно, т.к. существенного снижения объема скруббера при этом не наблюдается.

2. При давлении более 0,5 МПа диаметр частицы и скорость ее витания становятся настолько малыми, что восходящий поток воздуха уносит капли из скруббера, а значения расчетного объема аппарата выходят в отрицательную область.

УДК 621.58

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ УСТАНОВКИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ СУХОГО ЛЬДА

Никифоров И.А., Воробьев В.И.
 Научный руководитель – Космачёва Э.М.

Твердую двуокись углерода (сухой лед) применяют для хранения, транспортировки и реализации мороженого, в качестве хладагента при транспортировании охлажденных и замороженных мясных, молочных и других пищевых продуктов, а также для получения из него газообразного CO_2 для сварки особо ответственных деталей, формирования регулируемой

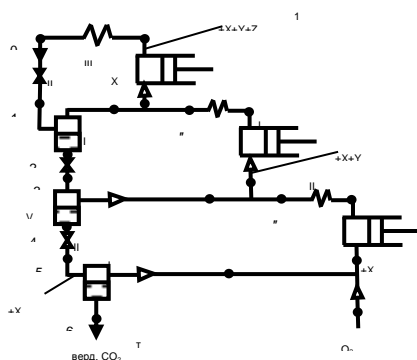


Рисунок 1 - Схема трехступенчатой дроссельной установки для производства сухого льда

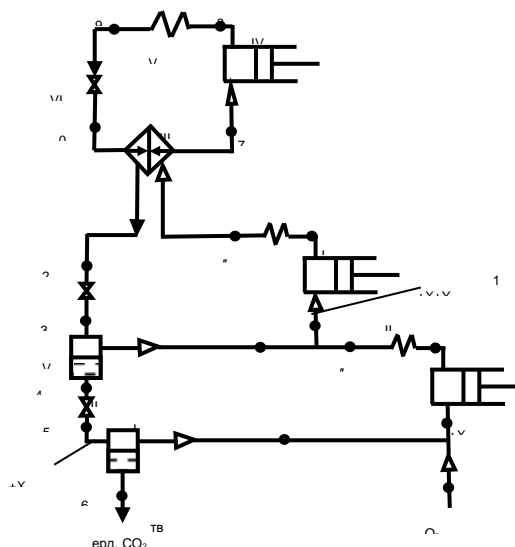


Рисунок 2 - Схема каскадной установки для производства сухого льда

газовой среды для хранения плодов и овощей, для газирования воды, искусственных и естественных минеральных вод, напитков.

Производство сухого льда требует охлаждения жидкого диоксида углерода ниже температуры тройной точки ($-56,6\text{ }^{\circ}\text{C}$). Традиционно это осуществляется в трехступенчатой компрессионной установке (рисунок 1), оценку эффективности которой целесообразно проводить с помощью эксергетического метода анализа.

В качестве мероприятия, повышающего эффективность установки по производству твердой (жидкой) углекислоты, предложено для конденсации газообразной двуокиси углерода использовать автономную аммиачную холодильную установку с замкнутым циклом хладагента (рисунок 2), что сокращает степень повышения давления газообразной углекислоты, а значит и число ступеней сжатия ее до двух. Верхний и нижний каскады установки имеют общий теплообменный аппарат (XIII), который для верхнего каскада является испарителем аммиака, а для нижнего – конденсатором углекислоты.

В результате, как показали расчеты, эксергетический КПД каскадной установки, при тех же параметрах и производительности углекислотной ее части, на 19 % выше, чем у трехступенчатой машины.

УДК 66.049

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ФЛЕГМОВОГО ЧИСЛА НА АКТИВНЫЙ ОБЪЕМ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЫ

Саленик И.И.

Научный руководитель - Космачева Э.М.

Расход орошающей ректификационную колонну высококонцентрированной жидкости (флегмы) принимается в избытке по отношению к минимально возможной величине, т.е. рабочее (действительное) флегмовое число $R > R_{\min}$. Минимальное флегмовое число

$R_{\min} = \frac{(x_d - y_f^*)}{(y_f^* - x_f)}$, где x_f и x_d - мольные доли летучего компонента в исходной смеси и дистилляте, соответственно, y_f^* - мольная концентрация летучего компонента в парах, находящихся в равновесии с исходной смесью.

Нагрузки ректификационной колонны по пару и жидкости определяются рабочим флегмовым числом, оптимальное значение которого можно найти путем технико-экономического расчета.

От значения R зависят капитальные затраты и эксплуатационные расходы на ректификацию. Эксплуатационные расходы прямо пропорциональны R и определяются расходом теплоносителя (греющего пара) на испарение жидкости в кубе-испарителе. Капитальные затраты в зависимости от R имеют минимум, соответствующий минимальному рабочему объему колонны. Появление экстремума рабочего объема колонны можно объяснить тем, что при увеличении флегмового числа число контактных устройств, а значит, высота колонны уменьшаются. В то же время площадь её сечения при сохранении скорости движения паров по колонне снизу вверх на оптимальном уровне (1...2 м/с) увеличивается.

Исследуя влияние флегмового числа на геометрические размеры ректификационной колонны, с помощью широко используемого в инженерной практике графоаналитического метода определено действительное число тарелок n при различных значениях флегмового числа R . Кроме того на основании уравнения неразрывности, составленного на свободное (не занятое тарелками) сечение колонны, найдена величина последнего S . Тогда объем активной части колонны $V = S \cdot H = S h (n-1)$, где H - высота активной части колонны; h - расстояние между тарелками.

Как показали исследования, проведенные по описанной выше методике для различных бинарных смесей взаиморастворимых компонентов, коэффициент избытка флегмы (по отношению к минимальному флегмовому числу), при котором достигается минимальный активный объем колонны, не превышает 1,5.