

2. Комплексное энергообеспечение агрогородков / Л.С. Герасимович [и др.]/Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2009. – №1. – С. 99–105.

3. Разработка системы критериев оценки, структуры, алгоритма, программного обеспечения и типовых задач имитационного моделирования энергосистем агрогородков, обеспечивающих принятие эффективных решений при использовании местных и возобновляемых энергоресурсов: отчет о НИР (этап 1.3 Выбор обследовании и имитационное моделирование энергосистем)/ ИЭ НАН Беларуси; рук. темы Л.С. Герасимович. – Минск, 2011. – 29с. - № ГР 20111767.

УДК 697.9.658.26

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОУТИЛИЗАЦИИ НИЗКОПOTЕНЦИАЛЬНЫХ ВЭР

**Занкевич В.А., к.ф.-м.н., доцент, Синица С.И., ст. препод., Логунов А.А., ст.**  
*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»*  
*г. Минск*

**Сизов В.Д., к.т.н., доцент**  
*УО «Белорусский национальный технический университет»*  
*г. Минск*

Энергосбережение является важной составляющей энергобезопасности любого государства. Проблема использования вторичных энергоресурсов (ВЭР), приводящих к уменьшению расхода первичных топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), актуальна во всем мире. Особенно данная проблема встает остро для стран не имеющих больших запасов первичных ТЭР и с суровыми климатическими условиями (температура холодного периода года меньше  $-10^{\circ}\text{C}$ ), в том числе и для РБ. Энергосбережение в РБ является приоритетным направлением в энергетической политике.

Одним из способов экономии тепловой энергии является использование низкопотенциальных ВЭР [1-5]. Основой при этом является преобразование сбросовых энергетических потоков, не использованных в одних энергетических установках, в энергетические потоки энергоснабжения для других процессов. Наибольшее количество сбрасываемой низкопотенциальной тепловой энергии (температура теплоносителя меньше  $50^{\circ}\text{C}$ ) наблюдается в холодный период года в системах теплоснабжения и вентиляции жилых и административных зданиях, промышленных предприятиях в виде сточных вод, воздушных выбросов и т.д. [2-5]. Для преобразования (теплоутилизации) данных потоков широко используются, например, тепловые насосные установки (ТНУ), пластинчатые рекуперативные теплообменники и т.д.

При проектировании теплоутилизаторов и их применении широко используются информационные САЭС-технологии. Пакет программ их численного моделирования, основанных как на энергетическом, так и эксергетическом методах для данных целей сложны и используются за рубежом только в крупных инженерных фирмах. Он дорогой и не общедоступен. Для решения вышеуказанных задач в мелких и средних фирмах применяют упрощенные расчеты или используют имитационное моделирование [7-8]. Моделирование приводит к уменьшению сроков проектирования, внедрения, например, систем энергоснабжения с теплоутилизаторами, что в конечном итоге приводит к уменьшению первичных ТЭР на выработку единицы продукции на промышленных предприятиях, т.е. уменьшению себестоимости данной продукции. В жилых и административных зданиях, правильное использование низкопотенциальных ВЭР приводит к уменьшению стоимости за тепловую энергию, за счет экономии ТЭР. Моделирование использования низкопотенциальных энергетических потоков тесно переплетается с проблемами системного анализа и оптимизации технологических процессов в различных отраслях промышленного производства, в том числе и на предприятиях АПК. С другой стороны на устаревшем оборудовании тепловые потери более высокие, т.е. проблема моделирования затрагивают и вопросы модернизации данного оборудования.

Информационные CALS-технологии широко внедряются в учебный процесс ВУЗов. По некоторым дисциплинам в ряде ВУЗов, например [9], к примеру создан интегрированный обучающий комплекс «ДВС». Данный комплекс включает все элементы учебного процесса по поршневым двигателям: лекции, лабораторные, практические занятия, проектирование и моделирование процессов в ДВС. Подобный подход можно применять в учебных курсах ВУЗов по некоторым специальностям теплоэнергетического профиля, например, на кафедре энергетики БГАТУ по некоторым разделам курса «Энергосбережение в АПК». За основу можно взять метод имитационного моделирования, в частности, программу «МОДЭН», разработанную директором ОДО «Энергогент» к.т.н. Г.Я.Волковым [7, 8] (сайт разработчика: [www.enerqovent.com](http://www.enerqovent.com)).

Изменив несколько архитектуру программы или включив некоторые методики в версии, рассмотрим основные положения из архитектуры программы:

1. Теплоутилизацию объектов с большим запасом низкопотенциальной энергии, находящихся в зданиях и сооружениях, можно проводить при условии, что теплопотери через строительные ограждения зданий соответствовали нормам. Нормы теплопотерь для зданий и сооружений в РБ и методики их расчета приведены в [1].

2. Определение источников и потребителей ВЭР по следующим признакам: а) их тепловых мощностей и расходов; б) температурах на выходе источников и входе потребителей; в) их агрегатных состояний; г) режимам их работы в разные периоды года.

3. Группирование источников и потребителей по вышеуказанным признакам и выбор принципиальной схемы их транспортировки с составлением спецификации узлов по данной схеме, включая их стоимость. Составление на основе принципиальной схемы монтажного проекта и стоимости монтажа.

4. Выбор теплоутилизационного и составление спецификации данного оборудования, включая стоимость. Положение данного пункта выполняется параллельно положению 3. В версию программы можно включить методики расчета различных теплоутилизаторов по агрегатному состоянию первичного (источник) и вторичного (приемник) теплоносителей: газ-воздух, газ-жидкость, жидкость-жидкость и т.д.

5. Рассчитывается КПД теплоутилизатора и количество сэкономленной теплоты [2-5]. По режимам работы данного оборудования, согласно п.2 определяется количество сэкономленной теплоты за год.

6. Составляется технико-экономическое обоснование с определением сэкономленного условного топлива (экономию первичных ТЭР), себестоимость, окупаемость [2-5].

Данные положения близки к положениям программы имитационного моделирования энергетических систем «МОДЭН». Последняя может быть использована в курсах по проектированию и энергосбережению систем ТГВ.

Следует отметить, что использование информационных CALS-технологий, пакетов моделирования процессов теплоэнергетического оборудования способствует лучшему усвоению данных курсов в ВУЗах, а на практике к более широкому внедрению энергосберегающих технологий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Теплоснабжение и вентиляция /под ред. Хрусталева Б.М. – М.: Изд. АСВ. – 2009. – 420с.
2. Куперман Л.И., Романовский С.А., Сидольский Л.Н. Вторичные энергоресурсы и энерго-технологическое комбинирование в промышленности. – Киев: Вища школа, 1986. – 303с.
3. Богословский В.Н., Поз М.В. Теплофизика утилизации тепла систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. – М.: Стройиздат, 1983. – 320 с.
4. Гольстрем В.А., Кузнецов Ю.Л. Справочник по экономии топливно-энергетических ресурсов. – Киев: Техника, 1985. – 383 с.
5. Протасевич А.М. Использование вторичных энергетических ресурсов / Учебное пособие/. – Мн.: БПИ, 1991. – 110 с.
6. Амерханов Р.В. Тепловые насосы. – М.: Энергоатомиздат, 2005. – 110 с.

7. Волов Г.Я. Использование тепловых насосов на примере хлебзавода // Энергия и Менеджмент. – 2009, № 6. – с. 27-29.

8. Волов Г.Я. Моделирование работы вертикальных грунтовых теплообменников в теплый и холодный периоды // Энергия и Менеджмент. – 2010. - № 4. – с.21-23.

9. Двигатели внутреннего сгорания. КН. 3. Компьютерный практикум. Моделирование процессов в ДВС / под ред. Луканина В.Н., Шатрова М.Г. – М.: Высшая школа. – 2007. – 414 с.

УДК 621.577:697.9

## К РАСЧЕТУ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ ВЫТЯЖНОГО ВОЗДУХА

Цубанов И.А., Цубанова И.А.

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»  
г. Минск, Республика Беларусь*

Утилизация теплоты удаляемого из помещений вытяжного воздуха является одним энергосберегающих мероприятий в системах вентиляции. С этой целью используют теплообменники-теплоутилизаторы для нагрева приточного воздуха за счет более теплого вытяжного. Однако они позволяют утилизировать, как правило, не более 40% теплоты, доступной для утилизации.

С целью более глубокой утилизации теплоты была разработана двухступенчатая схема теплоутилизационной установки, включающая теплоутилизатор и тепловой насос (ТН). [1]. Приточный вентилятор подает холодный наружный воздух через теплоутилизатор и конденсатор ТН а затем через распределительные воздухопроводы в вентилируемое помещение. Вытяжной вентилятор удаляет из помещения теплый загазованный воздух через теплоутилизатор и испаритель ТН. Тем самым организуется дополнительный нагрев приточного воздуха с помощью ТН.

При анализе эффективности предлагаемого энергосберегающего мероприятия была использована ожидаемая экономия энергоресурсов как один из технико-экономических показателей. Этот показатель непосредственно характеризует энергоэффективность энергосберегающих мероприятий и во многом определяет экономию текущих издержек за счет снижения расходов и стоимости потребляемых энергоресурсов.

Перед работой была поставлена задача: определить на первом этапе исследований ожидаемую относительную экономию топлива при использовании предлагаемой теплоутилизационной установки в системе вентиляции производственного помещения. Это позволило ограничиться выполнением расчетов по отношению к 1 кг воздуха.

Исходными данными являются:

– параметры внутреннего воздуха: температура  $t_1$ , °С, и энтальпия  $h_1$ , кДж/кг;

– параметры наружного воздуха: температура  $t_2$ , °С, и энтальпия  $h_2$ , кДж/кг;

– температурный коэффициент эффективности теплоутилизатора  $E$ .

Температура подаваемого воздуха была принята равная температуре внутреннего воздуха.

При анализе энергоэффективности необходимо рассчитать:

– температуру наружного, атмосферного воздуха на выходе теплоутилизатора

$$t_3 = t_2 + E(t_1 - t_2); \quad (1)$$

– удельную теплоту, передаваемую в теплоутилизаторе наружному воздуху, кДж/кг,

$$q_T = c_p(t_3 - t_2), \quad (2)$$

где  $c_p$  – удельная изобарная теплоемкость воздуха, которую допустимо принять равной 1,01 кДж/(кг×К);

– удельную теплоту, передаваемую в конденсаторе ТН наружному воздуху перед его подачей в помещение, кДж/кг,

$$q_K = c_p(t_1 - t_3), \quad (3)$$