

Вопросы экологии и энергоэффективности находят отражение в дипломных работах студентов. В качестве примера укажем некоторые темы дипломных работ по рассматриваемому направлению:

«Разработка проекта жилого микрорайона в г. Екатеринбурге в связи с требованиями энергосбережения (с применением САПР)», «Разработка презентационных технологий по теме «Интерактивный умный дом» для продвижения проекта частного эко-дома», «Использование зеленых стандартов при реконструкции частного жилого дома с применением САПР».

Таким образом, междисциплинарная образовательная программа «Прикладная информатика в архитектуре» отражает современные тенденции автоматизации процессов проектирования, особенно в сфере энергоэффективных зданий.

#### Список литературы

1. Файст В. Основные положения по проектированию пассивных домов. М. : АСВ, 2011. 144 с.
2. Институт пассивного дома, г. Дармштадт [Электронный ресурс]. URL: <http://www.passiv.de/> (дата обращения: 18.11.2014).

УДК 697.7

Земсков П. Д., Краснова Н. П.  
Самарский государственный технический университет  
ptvcrjd@yandex.ru

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ В СИСТЕМАХ АВТОНОМНОГО ОТОПЛЕНИЯ**

Энергосбережение в России является одним из приоритетных направлений науки и техники. В настоящее время существует тенденция перехода от централизованных источников энергоснабжения на автономные с целью снижения потребления энергоресурсов. Традиционным видом теплоносителя в системах децентрализованного отопления является вода. Основными достоинствами воды являются ее доступность, безвредность, невысокая стоимость и довольно высокая теплоемкость. Однако есть недостатки в виде растворенных в ней солей кальция и магния, которые вызывают отложение накипи на внутренних поверхностях трубопроводов, высокий удельный вес и замерзание при температуре 0 °С, что ограничивает ее использование в системах отопления периодического действия в зимний сезон [1].

Предлагается перейти от привычных систем водяного отопления к системам «незамерзающего» отопления с использованием специальных химических теплоносителей – антифризов, этиленгликоля, пропиленгликоля, глицерина и др. Такие теплоносители обладают рядом свойств, в значительной степени отличающих их от традиционных систем. Приведем сравнение характеристик нескольких теплоносителей.

*Антифриз* – это общее название для жидкостей, не замерзающих при отрицательных температурах [2]. В качестве базовых жидкостей антифризов используются смеси этиленгликоля, пропиленгликоля, глицерина, одноатомных спиртов и воды. В системах теплоснабжения может применяться и автомобильный антифриз, что часто практиковалось в России в связи с недостаточным наличием бытовых теплоносителей-антифризов. Использование автомобильных антифризов в системах отопления возможно, если они изготовлены по технологии, предполагающей использование жидкости для охлаждения двигателей внутреннего сгорания, а также в качестве рабочей жидкости в теплообменных аппаратах, эксплуатируемых при низких и умеренных температурах. Пакеты присадок обычных автомобильных антифризов не рассчитаны на длительную и интенсивную эксплуатацию в бытовых системах отопления. В некоторых случаях присадки, содержащиеся в современных автомобильных жидкостях и рассчитанные на сплавы автомобильного двигателя, могут не сочетаться с материалами систем домашнего отопления. Для снижения повышенной коррозионной активности антифриза используются ингибиторы коррозии. В современных системах отопления обычно применяются одновременно несколько видов металлов и сплавов (радиаторы из стали, алюминия или чугуна, стальные или медные трубы, теплообменники котлов из меди, стали или чугуна), между которыми, при наличии электропроводящей среды, возникает электрохимическая коррозия. В состав также вводят ингибиторы против образования накипи, набухания и растворения резиновых уплотнителей систем отопления, пеногасители.

Главным положительным свойством антифриза является отсутствие кристаллизации при застывании. Это означает, что систему отопления можно запустить тогда, когда это необходимо не боясь за ее разрушение.

*Этиленгликоль* как в составе антифриза, так и самостоятельно также может использоваться в системах отопления. Он обладает хорошими теплофизическими свойствами, низкими показателями отложения солей и накипи. Однако применение этиленгликоля особенно нежелательно в двухконтурных котлах, когда возможен подмес теплоносителя из контура отопления в контур горячего водоснабжения, а также в открытых системах отопления (с открытым расширительным баком), где возможно испарение теплоносителя. Антифризы на основе этиленгликоля нельзя перегревать – это ведет к термическому разложению этиленгликоля и антикоррозионных присадок. Образующиеся кислоты и осадки могут негативно влиять на работу всей отопительной системы. Это токсичное вещество, не имеет неприятного запаха и обладает сладковатым вкусом, что представляет повышенную опасность для детей и животных в случае протечек теплоносителя из системы.

Низкозамерзающий теплоноситель, изготовленный на основе *пропиленгликоля*, безопасен для человека и экологичен для окружающей среды. Является самым безопасным теплоносителем среди нестандартных. Он обладает хорошими теплофизическими свойствами, некоррозионноактивен, совмещается практически со всеми видами материалов систем отопления. При полном испарении воды из состава пропиленгликоль способен оставаться текучим до минус 60 °С. Его показатели в несколько раз превосходят этиленгликолевый теплоно-

ситель. Пропиленгликоль неопасен даже при длительном вдыхании паров, и не вызывает отравления при случайном приеме внутрь. Теплоноситель на основе пропиленгликоля обладает меньшей плотностью, по сравнению с этиленгликолевыми теплоносителями, и благодаря этому, необходимо меньше затрат на прокачку теплоносителя.

Существует еще один вид теплоносителя на основе *глицерина*. В системах отопления обычно используют пищевой глицерин. По безопасности применения в открытых системах отопления он не уступает теплоносителям на основе пропиленгликоля. Глицерин токсикологически и экологически безопасен. Его плюсом является инертность по отношению к оцинкованным частям системы отопления. Однако глицерин в качестве теплоносителя по плотности превышает плотность воды на 15 %, что влечет за собой дополнительную нагрузку на систему и большие расходы на его циркуляцию по системе (таблица).

Основные характеристики теплоносителей

Поз.	Свойство	Теплоноситель				
		Вода	Дистиллированная вода	Антифриз		
				Этиленгликоль	Пропиленгликоль	Глицерин
1.	Температура замерзания, °С	0	0	-70	-65	-50
2.	Коррозионная активность	+	+	– (кроме оцинк. деталей)	– (кроме оцинк. деталей)	–
3.	Безопасность	+	+	–	+	+
4.	Стоимость, руб./л	0,02	10	70–85	80–110	80
5.	Срок эксплуатации, лет	≤ 1	≤ 1	5–10	5–10	8

Воду применять экономически выгодно в системах отопления домов с постоянным проживанием в зимний период, однако, использование воды с периодичным запуском системы отопления влечет за собой ряд неудобств, что ставит под вопрос использование такого теплоносителя.

Этиленгликоль возможно применять только в закрытых системах в жилых помещениях с постоянным контролем. При протечке и малейшем попадании этиленгликоля на поверхности пола, стен, их необходимо сразу заменить.

Использование антифриза на основе глицерина нежелательно по причине его высокой вязкости, термической нестабильности и сильном вспенивании, что приводит к ухудшению отвода тепла. В отличие от пропилен- и этиленгликолей при длительном нагреве свыше 90 °С глицерин разлагается с выделением летучих и канцерогенных веществ. При полном испарении воды из него глицерин замерзает при плюс 17–20 °С.

Самым эффективным и безопасным является применение пропиленгликоля. Несмотря на высокую стоимость, его можно применять в любых системах отопления, в том числе при нерегулярном использовании отопления в зимний период. Даже при полном испарении воды из него, температура замерзания останется на минус 60 °С (у этиленгликоля минус 13 °С). Его расширение при

замерзании незначительно и составляет всего 0,1 % (у этиленгликоля – 1,5 %). Использование пропиленгликоля также оправдывается минимальными затратами на него при ремонте системы, низкими эксплуатационными расходами и т. д.

#### Список литературы

1. СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. Введ. 2013-10-01. М. : Госстрой, 2012. 28 с.
2. ГОСТ 159-52. Жидкость охлаждающая низкотемпературная. Введ. 1952-10-01. М. : Изд-во стандартов, 1952. 9 с.
3. Теплоносители для систем отопления [Электронный ресурс]. URL: <http://www.teplonositel.com>. (дата обращения: 09.11.2014).

УДК 662.925

Иванова А. А., Гильметдинова Ю. Р., Микула В. А., Вальцев Н. В.  
Уральский федеральный университет,  
tes.urfu@mail.ru

## ОСОБЕННОСТИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО НАГРЕВА СЖАТОГО ВОЗДУХА

В настоящее время возрастает интерес к использованию твердых топлив в энергетике. Это связано, во-первых, со значительным сокращением запасов природного газа и нефти, во-вторых, с достаточно высокой ценой этих энерго-ресурсов. Перспективным направлением является ПГУ на твердом топливе. В схеме гибридной ПГУ на основе процессов термообработки угля и «внешнего» сжигания топлива одним из ключевых элементов является высокотемпературный воздухонагреватель, в нем нагревается сжатый воздух, направляемый затем в камеру сгорания газовой турбины.

В качестве основного конструктивного элемента рекуперативного устройства нагрева воздуха (воздухонагревателя) чаще всего используется трубный металлический элемент. Для описания интенсивности теплообмена по воздуху в таком элементе при турбулентном режиме течения существует много критериальных зависимостей, наиболее распространенные из них приведены ниже:

$$\overline{Nu}_{дж} = 0,021 Re_{дж}^{0,80} Pr_{ж}^{0,43} (Pr_{ж} / Pr_{с})^{0,25}, \quad (1)$$

$$\overline{Nu}_{дж} = 0,023 Pr_{ж}^{0,4} Re_{дж}^{0,8}. \quad (2)$$

Разница между ними составляет ~10 %.

Очевидно, что для данных зависимостей наибольшее влияние на теплообмен оказывает плотность жидкости пропорционально  $\rho^{0,8}$  (определяется  $T$  и  $p$ ) и ее скорость пропорционально  $w^{0,8}$ . Менее заметно теплоотдача зависит от  $\lambda^{0,57}$ ,  $c_p^{0,43}$ ,  $\mu^{-0,37}$ . Влияние геометрического размера канала на теплоотдачу также оказывается относительно слабым  $\alpha \sim d_{эк}^{-0,2}$ . Опираясь на (1), получим  $\alpha \sim p^{0,8}$  и  $\alpha \sim T^{-0,53}$ .