

6. Приходько, Н.В. Удосконалення технології водорегулювання рисового поля Придунайських РЗС на еколого-економічних засадах з урахуванням змін клімату / Н.В. Приходько // Вісник НУВГП. – 2014. – № 2(66): Технічні науки. – С. 57–65.

7. Рис в Україні: [кол. мон.] / за ред. д.т.н., проф., член-кор. НААНУ В.А. Сташука, д.т.н., проф. А.М. Рокочинського, д.е.н., проф. Л.М. Грановської. – Херсон: Гринь Д.С., 2014. – 976 с.

8. Рокочинський, А.М. Удосконалення технології водорегулювання та нормування водо- і енергокористування Придунайських РЗС на еколого-економічних засадах з урахуванням змін клімату / А.М. Рокочинський, В.О. Турченко, В.В. Заєць, Н.В. Приходько // Меліорація і водне господарство: Міжвідом. темат. наук. зб. – К. : Аграрна наука, 2014. – Вип. 101. – С. 200–207.

9. Рокочинський, А.М. Ефективність роботи дренажу та обґрунтування його параметрів при глибокому розпушенні / Рокочинський А.М., Коптюк Р.М., Волк П.П. // Вісник НУВГП. – 2015. – № 3(71): Технічні науки. – с. 286–293.

10. Ромащенко, М.І., Собко, О.О., Савчук, Д.П., Кульбіда, М.І. Про деякі завдання аграрної науки у зв'язку зі змінами клімату. Наукова доповідь-інформація. – Київ : Інститут гідротехніки і меліорації УААН, 2003. – 46 с.

11. Технологія нормованого водокористування при вирощуванні рису з врахуванням вимог ресурсо- та природозбереження в господарствах України. / В.В. Дудченко, В.Г. Корнбергер, В.В. Морозов та ін. За ред. професора В.В. Морозова – Херсон : Вид-во ХДУ, 2009. – 103с.

12. Чернёнок, В.Я., Брусиловский, Ш.И, Глубокое рыхление осушаемых тяжёлых почв. – М. : Колос, 1983. – 63 с.

УДК 697.148

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ С РАЗЛИЧНЫМИ АВТОРИТЕТАМИ ТЕРМОСТАТИЧЕСКИХ КЛАПАНОВ

Рачковская Е.Д.

Учреждение образования “Брестский государственный технический университет”, г. Брест, Республика Беларусь, vig.tv-3@mail.ru

By the author of the article a research problem has been identified attempts to assess the efficiency of water heating systems of premises at different authorities of thermostatic valves and compare with the recommendations of the manufacturers

Введение

Повышение энергетической безопасности Республики Беларусь является одним из приоритетных направлений государственной политики. Эта цель ставит соответствующие задачи перед строительной отраслью, в частности, при проектировании инженерных систем зданий.

Системы водяного отопления работают путем выработки тепла в одном месте (котел или котлы) и передачи его к отдельным частям здания по трубам. Часто в зданиях с такими системами существует одна или пара зон нагрева, но отсутствует или ограничена возможность контролировать тепло в отдельных помещениях.

Эффективное управление системами отопления оказывает большое влияние как на экономию энергии, так и на тепловой комфорт жильцов. По данным Министерства энергетики США, перегрев может увеличить объем потребления топлива на отопление на целых 3% за каждый градус по Фаренгейту выше требуемой заданной температуры точки пространства (Департамент США по энергетике, 2013). В зависимости от типа системы отопления существует несколько

вариантов решения такой проблемы и балансировки системы, в результате которой может быть уменьшена центральная подача тепла.

Рассмотрим один из способов – использование запорно-регулирующей арматуры, в частности, терморегулятора.

1. Терморегуляторы. Общие сведения

Впервые автоматический радиаторный терморегулятор систем водяного отопления зданий был разработан основателем компании “Данфосс” Медсом Клаузенем в 1943 году. Более 40 лет назад терморегуляторы “Данфосс” впервые появились в России, тогда ими оборудовались лишь элитные постройки. Сегодня они ставятся в тысячах зданий.

Радиаторные терморегуляторы позволяют расходовать именно такое количество энергии, которое необходимо в данный момент для поддержания комфортной температуры в помещении.

По данным исследования, проведенного Рейнско-Вестфальским техническим университетом (г. Ахен, Германия), по сравнению с ручным регулировочным вентилем термостаты с жидкостным или парафиновым заполнением позволяют сэкономить 31% энергии, с газовым наполнением – 36%, использование электронных радиаторных термостатов – до 46% энергии на отопление.

Современный терморегулятор позволяет не только создать комфортные условия для труда и отдыха человека, но и в значительной мере снизить потребление энергоресурсов и уменьшить техногенное воздействие на окружающую среду.

Работа терморегуляторов превратила системы отопления в активно действующие и адекватно реагирующие на любые отклонения внутренних и внешних факторов системы. Их наличие существенно повлияло на гидравлический режим.

1.1. Конструкция и установка

Терморегулятор автоматического отопительного прибора системы водяного отопления здания (сокращенно терморегулятор или термостат) – запорно-регулирующая арматура автоматического регулирования теплоотдачи отопительного прибора на уровне, соответствующем установленной потребителем температуры воздуха.

Он автоматически поддерживает заданную температуру воздуха в помещении путем количественного регулирования теплоносителя, поступающего в отопительный прибор.

Терморегулятор состоит из двух соединенных воедино частей – термостатической головки и термостатического клапана, которые разграничены соответственно стрелками *a* и *b* на рисунке 1.

Основным элементом термостатической головки является датчик. Он отслеживает температуру воздуха в помещении и реагирует на ее изменения. Представляет собой замкнутую тонкостенную цилиндрическую оболочку с продольной гофрированной боковой поверхностью, называемой сильфоном. Сильфон заполнен эксклюзивным веществом. Реагируя на изменение температуры воздуха, он расширяется и сжимается (подобно пружине). Через нажимной штифт воздействует на шток и затвор клапана. Затвор перекрывает проход теплоносителю, осуществляя количественное регулирование теплового потока теплообменного прибора.

Терморегуляторы комплектуют регуляторами различных конструкций. Выбор осуществляют в зависимости от типа помещения, места установки теплообменного прибора, вида системы обеспечения микроклимата и степени ее автоматизации:

– терморегулятор со встроенным датчиком. В корпусе термостатической головки расположены регулятор температуры (пружина настройки) и сильфон, выполняющий также роль датчика температуры воздуха;

- терморегулятор со встроенным регулятором температуры и выносным датчиком. В термостатической головке расположены регулятор температуры и сильфон. Датчик температуры отдален от сильфона и сообщен с ним капиллярной трубкой;
- терморегулятор с выносным регулятором температуры и датчиком в одном корпусе. Выносной регулятор соединен через капиллярную трубку с сильфоном на термостатическом клапане;
- терморегулятор с разделенным выносным датчиком и регулятором температуры. Датчик и регулятор соединены капиллярными трубками с сильфоном в термостатической головке;
- использование электронного управления. Электронный программатор, прикрепленный стационарно к стене, дистанционно воздействует на термопривод либо микромотор, которые перемещают шток клапана.

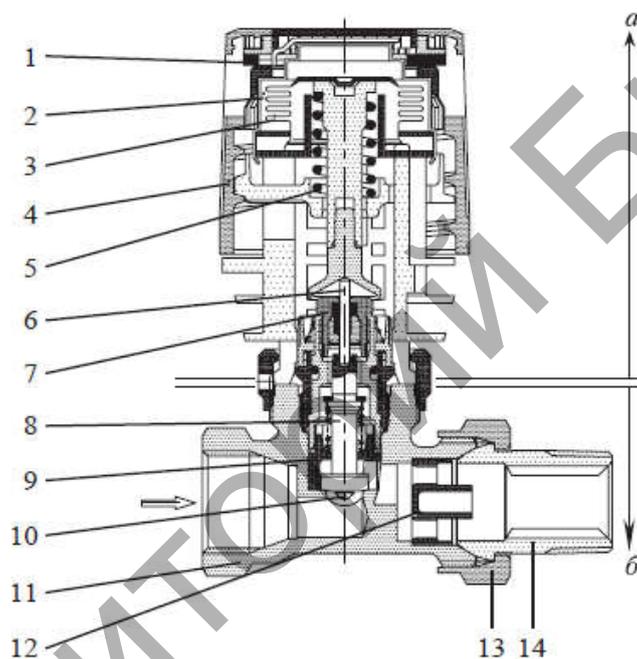


Рисунок 1 – Терморегулятор со встроенным датчиком: а – регулятор (термостатическая головка): 1 - ограничительные кольца; 2 - термостатический датчик (сенсор); 3 - сильфон; 4 - шкала настройки; 5 - пружина настройки; 6 - нажимной штифт; 7 - уплотнительное кольцо; б – термостатический клапан: 8 - шток; 9 - дроссель; 10 - конус клапана (затвор); 11 - корпус клапана; 12 - стабилизатор потока; 13 - накидная гайка; 14 - патрубок (хвостовик)

Термостатические клапаны имеют конструктивные отличия, вызванные особенностями системы и применяемыми в ней теплообменными приборами. Термостатические клапаны различают по назначению – для однетрубных и двухтрубных систем отопления. Первые, по сравнению со вторыми, характеризуются повышенной пропускной способностью.

Вторые, как правило, объединяют в себе функцию гидравлического увязывания циркуляционных колец, осуществляемую чаще всего встроенным дросселирующим механизмом предварительной настройки. Настройку определяют на стадии проектирования и устанавливают при монтаже системы отопления. Предварительная настройка заключается в создании дополнительного гидравлического сопротивления с помощью плавно регулируемого извне дроссельного элемента – кольца, охватывающего конус клапана.

Предварительная настройка клапана необходима для балансировки отдельных радиаторных веток. Если предварительная настройка таких приборов, как радиаторные клапаны не была произведена, то радиаторы, требующие меньшую мощность, будут получать слишком большую мощность и диапазон регулирования снизится, так как клапан большую часть времени будет находиться в закрытом положении. С помощью предварительной настройки можно произвести регулировку максимального объемного потока, благодаря чему будет предотвращен недостаток или избыток снабжения и радиаторные клапаны будут работать в эффективном диапазоне регулирования.

Термостатические клапаны устанавливаются непосредственно на радиаторы либо конвекторы систем отопления. Прямоточные и угловые конструкции позволяют реализовать всевозможные способы подключения отопительных приборов к трубопроводам. Встраиваемые терморегуляторы предназначены для компакт-радиаторов. Комплектацию этими клапанами осуществляют на заводе-изготовителе отопительных приборов. Применяют в двухтрубных и однетрубных системах отопления.

Терморегуляторы размещают на подающей подводке к отопительному прибору при схеме движения теплоносителя "сверху – вниз".

При подборе терморегуляторов обращают внимание на конструкцию термостатического клапана – прямоточную или угловую и проектируют таким образом, чтобы термостатические головки находились вне влияния конвективных потоков от труб.

1.2. Авторитеты терморегулятора

В стандартах и технической литературе по радиаторным терморегуляторам используются три понятия авторитета:

a_{in} – (внутренний) авторитет терморегулятора, определяемый по EN 215 ч.1;

a – внешний авторитет терморегулятора (рекомендованный диапазон которого – 0,3...0,7);

a^* – общий авторитет терморегулятора, являющийся результатом умножения параметра a на a_{in} .

Определение по EN 215 ч.1

Внутренний авторитет терморегулятора a_{in} – отношение потерь давления, вызванных изначальным (конструктивным) перекрытием конусом клапана проходного сечения отверстия (щели между седлом и конусом клапана при его промежуточном положении), которые характеризуются разностью $\Delta P_1 - \Delta P_2$, к потерям давления ΔP_1 на термостатическом клапане (между входом и выходом),

$$a_{in} = \frac{\Delta P_1 - \Delta P_2}{\Delta P_1}, \quad (1)$$

где ΔP_1 – общие потери давления на терморегуляторе, кПа; производители принимают равными 10 кПа в соответствии с европейской методикой тестирования EN 215 ч.1; ΔP_2 – потери давления при номинальном расходе G_N на терморегуляторе без потерь давления в регулируемом отверстии (при максимально открытом клапане).

Значение внутреннего авторитета в соответствии с EN 215 ч.1 определяют по формуле (1), при этом диапазон значений не регламентируют.

Данный параметр в явном виде существующих европейских методик гидравлического расчета не применяют. Поэтому в технических характеристиках терморегуляторов его преимущественно не предоставляют. В особенности это касается терморегуляторов с предварительной настройкой для двухтрубных систем отопления.

Для наглядности расчетов и оперативности манипулирования при увязывании циркуляционных колец, сохранении изначальных регулировочных характеристик терморегулятора в системе отопления, в предлагаемых компьютерных программах используют лишь понятие внешнего авторитета терморегулятора:

$$a = \frac{\Delta P_1}{\Delta P}, \quad (2)$$

Он характеризует отношение потерь давления на полностью открытом клапане ΔP_1 к потерям давления на регулируемом участке системы ΔP .

Общий авторитет терморегулятора a^* , по определению западноевропейской литературы, — произведение его внутреннего и внешнего авторитетов:

$$a^* = a_{in} \cdot a$$

при этом отсутствуют физическое толкование данного параметра и диапазон изменения его значений. Он так же, как и внутренний авторитет, не используется в предлагаемых компьютерных программах.

Также выделяют понятия:

базовый авторитет клапана a_b — отношение на полностью открытом клапане терморегулятора у отопительного прибора потерь давления в регулирующем сечении ΔP_{reg} (между затвором и седлом клапана) к потерям давления между входом и выходом ΔP_1 . Характеризует начальное отклонение от идеальной расходной характеристики клапана (зависимость между расходом теплоносителя через клапан и ходом штока клапана), вызванное конструктивными особенностями пути протекания теплоносителя внутри клапана.

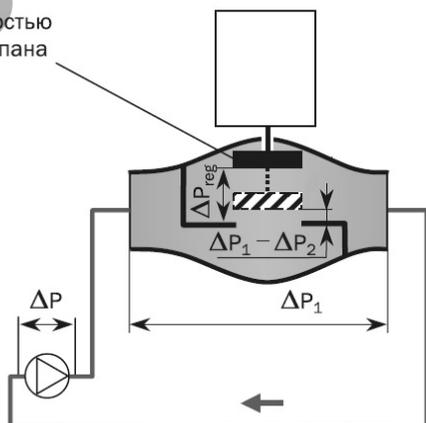
полный внешний авторитет клапана a^+ — отношение потерь давления в регулирующем сечении полностью открытого клапана ΔP_{reg} к потерям давления на регулируемом участке системы. Равен произведению базового и внешнего авторитетов клапана и характеризует рабочую расходную характеристику клапана, которая учитывает конструктивные особенности клапана и регулируемого участка.

Внутренний и внешний авторитеты относят к терморегуляторам у приборов помещения (радиаторов, конвекторов и др.). Ими определена конструктивная особенность расположения затвора терморегулятора при расчете системы отопления. Ими определяют возможность изменения потребителем температуры воздуха в помещении как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения от расчетного значения.

$$\frac{\Delta P_{reg}}{\Delta P_1} \times \frac{\Delta P_1}{\Delta P} = \frac{\Delta P_{reg}}{\Delta P} = a^+$$

$$\frac{\Delta P_1 - \Delta P_2}{\Delta P_1} \times \frac{\Delta P_1}{\Delta P} = \frac{\Delta P_1 - \Delta P_2}{\Delta P} = a^*$$

Позиция полностью открытого клапана



Таким образом, авторитеты клапана — отношения между различными перепадами давления теплоносителя внутри и снаружи клапана. Ими определяются регулировочные характеристики клапана и позволяют сделать систему регулируемой уже на стадии проектирования (рисунок 2).

Рисунок 2 — Авторитеты для терморегулятора

2. Влияние предварительной настройки на авторитеты терморегулятора

Терморегуляторы для систем обеспечения микроклимата производят с предварительной настройкой и без неё. Предварительная настройка предназначена для гидравлического уравнивания циркуляционных колец в двухтрубных системах. Её осуществляют, в основном, дросселирующей криволинейной щелью.

Дроссель 3 с криволинейной щелью 5 имеет возможность фиксированного вращения вокруг своей оси, при этом регулируется площадь совмещения криволинейной щели 5 с площадью выходного отверстия 4 (рисунок 3). Чем больше открывается проход для теплоносителя, тем меньше создаваемое гидравлическое сопротивление, и наоборот.

Кроме криволинейной щели в дросселе выполнено прямоугольное отверстие 7, площадь которого не менее площади выходного отверстия 4. При совмещении этих отверстий дроссель максимально открыт и не вносит дополнительного гидравлического сопротивления.

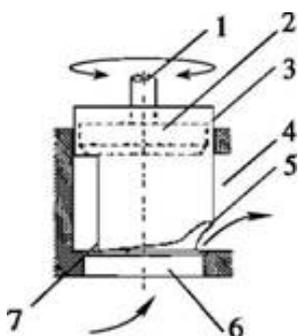


Рисунок 3 – Схема дросселя с криволинейной щелью:
1 – шток; 2 – затвор клапана; 3 – дроссель; 4 – выходное отверстие; 5 – криволинейная щель; 6 – входное (регулирующее) отверстие; 7 – прямоугольное отверстие дросселя

Каждое положение дросселя при повороте имеет фиксацию. Для этого вдоль оси штока оттягивают вверх подпружиненный цилиндр настройки и поворачивают до совпадения необходимого цифрового обозначения на шкале и засечки. Частичному открыванию соответствуют цифровые обозначения. Кроме того, существует возможность дополнительной установки дросселя в промежуточное положение между цифровыми обозначениями. Таким образом, с учетом позиции N (максимально открытое положение) имеется 14 фиксированных положений настройки. Это дает возможность с высокой точностью уравнивать гидравлическое сопротивление регулируемых участков.

Каждая настройка дросселя тарирована по гидравлическому сопротивлению. Ей соответствует пропускная способность терморегулятора. При этом, большому значению настройки соответствует меньшее сопротивление.

Снижение общего авторитета терморегулятора происходит при уменьшении настройки дросселя. Чем выше сопротивление дросселя (меньше значение настройки), тем круче расходная характеристика терморегулятора. Сопротивление дросселя производит эффект, подобный внешнему авторитету, но только внутри терморегулятора.

Дроссель, создавая дополнительное сопротивление внутри терморегулятора, влияет и на внутренний авторитет терморегулятора, что приводит к изменению распределения потока теплоносителя. Результирующее распределение потока можно рассматривать аналогично действию общего авторитета, только внутри терморегулятора.

Таким образом, потокораспределение двухтрубного регулируемого участка зависит от изначального базового авторитета терморегулятора, деформируемого дросселем терморегулятора и окончательно устанавливаемого внешним авторитетом терморегулятора.

3. Описание исследования

В лаборатории кафедры теплогазоснабжения и вентиляции БрГТУ на экспериментальном стенде были проведены исследования работы системы отопления с термостатическими клапанами с предварительной настройкой.

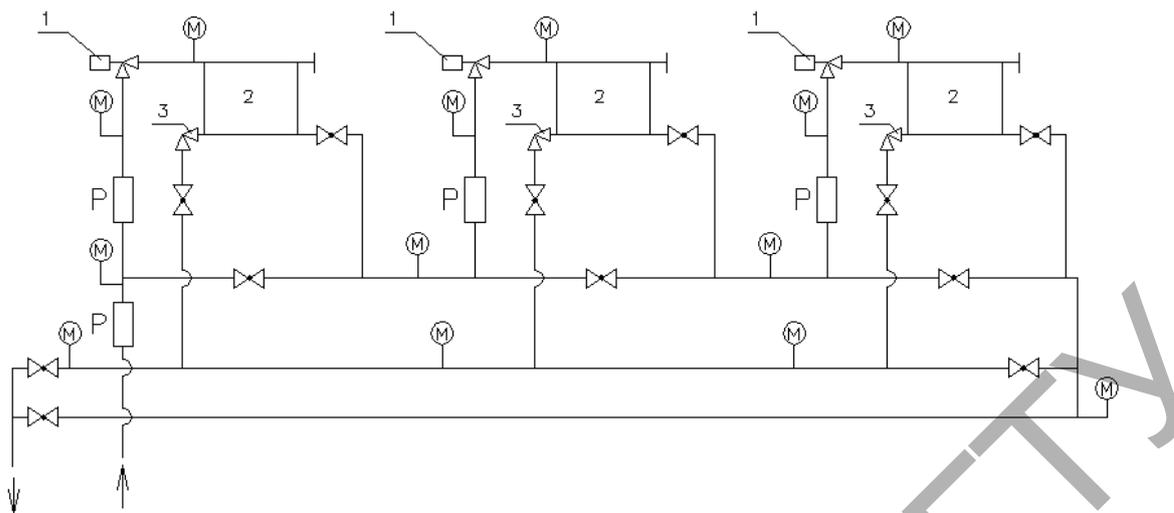


Рисунок 4 – Схема стенда: 1 – терморегулятор угловой, 2 – отопительный прибор, 3 – клапан запорный угловой, P – ротаметр, M – манометр

Во время работы системы измеряли:

- давление теплоносителя до и после циркуляционного насоса системы,
- давление перед и после термостатического клапана на приборе,
- общий расход теплоносителя в системе,
- расход на каждый включенный в работу прибор.

Изменяя предварительную настройку терморегулятора на отопительном приборе, фиксировали перечисленные выше параметры. По полученным результатам подсчитали авторитет терморегулятора в каждом случае и соответствующее ему изменение расхода теплоносителя. Авторитет клапанов изменялся от 0,2 до 0,9. Анализируя полученные данные, сделан вывод, что оптимальное значение авторитета находится в пределах от 0,3 до 0,8.

Заключение

Полученные в ходе исследования данные выявляют оптимальные значения общего авторитета терморегулятора, при которых термостатический клапан наиболее эффективно регулирует теплоотдачу отопительного прибора.

В соответствии с [1] рекомендуемый диапазон общего авторитета терморегулятора составляет 0,3...0,7, что близко к данным, полученным в ходе эксперимента. Общий авторитет определяет расчетное потокораспределение терморегулятора при его установке в систему отопления.

Данное соотношение можно охарактеризовать как коэффициент управляемости потоками, определяющий долю располагаемого давления системы или подсистемы отопления, приходящуюся на конус клапана при его движении с номинального к полностью открытому положению.

Для проектировщика это соотношение является проверкой верности гидравлического расчета при определении располагаемого давления в циркуляционном кольце, половину которого необходимо потерять на терморегуляторе при номинальном потоке без потерь давления в регулируемом сечении отверстия. Исходя из значения внутреннего и предлагаемых значений общего авторитета, находят допустимый диапазон проектного выбора потерь давления на терморегуляторе.

Диапазон значений внешнего авторитета при этом зависит от конструктивных особенностей терморегулятора, характеризуемых его внутренним авторитетом. С помощью варьирования внешнего авторитета появляется возможность достижения оптимального общего авторитета.

Список литературы

1. Пырков, В.В. Гидравлическое регулирование систем отопления и охлаждения. Теория и практика: 2-е издание, дополненное / В.В. Пырков. – Киев : ДП “Таки справы”, 2010. – 304 с.
2. Пырков, В.В. Особенности современных систем водяного отопления: 2-е издание, переработанное и дополненное / В.В. Пырков. – Киев : ДП “Таки справы”, 2003. – 176 с.
3. Пырков, В.В. На что влияют авторитеты / В.В. Пырков // ДанфоссINFO. – 2006 – № 4. – С. 8–9
4. Jordan Dentz, Eric Ansanelli. Thermostatic Radiator Valve Evaluation/ Jordan Dentz, Eric Ansanelli. - Oak Ridge: U.S. Department of Energy, 2015. – 41 с.

УДК 697.1

РЕГУЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ ПО ПРИНЦИПУ МИНИМАЛЬНОГО ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

Сальникова С.Р., Сопин Ю.Ю.

Учреждение образования “Брестский государственный технический университет”, г. Брест, Республика Беларусь, vig_bstu@tut.by

Costs for heating and ventilation make up a significant part of cost of building operation. It is necessary to equip a building with efficient ventilation system with heat recovery and air flow control as required to reduce cost. It will lead to energy savings in building and therefore to reduction in overall cost.

Введение

Раньше, приобретая какой-либо товар, мы смотрели только на цену, и выбирали то, что дешевле. В сложившейся ситуации необходимо рассматривать стоимость изделия с учетом затрат на нее в течение всего срока службы, которые включают покупную стоимость, затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание, а также на возможный демонтаж и вывоз. При расчете совокупных затрат часто становится очевидным, что покупная стоимость составляет очень небольшую часть, часто около 10 %. Остальные 90 % уходят на эксплуатацию и техническое обслуживание.

Расходы на отопление и вентиляцию составляют значительную часть затрат на эксплуатацию здания. Чтобы их сократить, необходимо оснастить здание эффективной системой вентиляции с утилизацией тепла и регулированием расхода воздуха в соответствии с потребностью. Это приведет к экономии тепловой и электрической энергии в здании и, следовательно, к сокращению общих затрат. Не секрет, что при проектировании и монтаже многих объектов энергосберегающие технологии не применялись в виду дороговизны соответствующего оборудования. Рост цены на газ как основной энергоноситель делает проблему энергосбережения более актуальной.

Существуют некоторые стандартные технические решения, которые при сравнительно небольших материальных затратах способны привести к экономии затрат на энергоносители в холодный период года. Широко известны традиционные методы энергосбережения, связанные с уменьшением тепловых потерь через ограждающие конструкции зданий и сооружений, а также снижением инфильтрации и эксфильтрации путем герметизации оконных проемов, дверей, чердачных и межэтажных перекрытий. Вместе с тем существуют инженерно-технические решения специализированного характера, обеспечивающие