

МОО «Экопроект Партнерство»

В. Н. Ануфриев, Н. А. Андреев

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЗДАНИЯХ

Пособие

Минск
«АЛЬТИОРА – ЖИВЫЕ КРАСКИ»
2011

УДК 699.8:620.9

ББК 31.19

А73

Авторы: канд. техн. наук В. Н. Ануфриев (БНТУ),
Н. А. Андреев (МОО «Экопроект Партнерство»)

ISBN 978-985-6831-63-1

© МОО «Экопроект Партнерство», 2011

© Оформление.

ИП «АЛЬТИОРА – ЖИВЫЕ КРАСКИ», 2011

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1. Общие требования энергоэффективности к зданиям
2. Снижение тепловых потерь в зданиях
 - 2.1 Теплоизоляция зданий
 - 2.2 Снижение потерь тепла через окна.
 - 2.3 Герметизация и организация вентиляции в зданиях с минимизацией потерь тепла
3. Системы отопления зданий
4. Использование солнечной энергии в инженерных системах зданий
5. Использование тепловых насосов в инженерных системах зданий
6. Энерго- и ресурсосбережение при эксплуатации систем водоснабжения, водоотведения
7. Рационализация энергопотребления при использовании электро-технических приборов
8. Системы управления инженерными системами зданий
9. Энергетический менеджмент и энергоаудит предприятия, организации, здания

Заключение

Список использованных источников

ВВЕДЕНИЕ

В отчете, представленном международной комиссией ООН по окружающей среде и развитию, сегодняшняя энергетическая ситуация представлена следующим образом: «Мы не можем жить без энергии той или другой формы. Будущее развитие полностью зависит от тех форм энергии, которые будут постоянно доступны в возрастающих количествах из надежных возобновляемых источников, которые не являются опасными и не причиняют вреда окружающей среде. В настоящий момент мы не имеем ни одного универсального источника, который бы мог обеспечить нас в будущем в соответствии с нашими потребностями».

Проблема, с которой мы столкнулись, огромна, и каждый может внести свой вклад в ее решение. Мы можем начать с самого простого решения, которое выгодно большинству из нас с экономической точки зрения, и это решение таково: научиться использовать энергию, находящуюся в нашем распоряжении, настолько эффективно и безопасно по отношению к окружающей среде, насколько это возможно.

Эффективное использование материальных ресурсов и энергосбережение стали объективно обусловленной мировой тенденцией. В настоящее время Беларусь лишь на 16–17 % обеспечена собственными топливно-энергетическими ресурсами. Недостающая их часть приобретается за пределами страны, поэтому проблема рационального и эффективного использования топливно-энергетических ресурсов, сырья и материалов для нашей страны весьма актуальна. От ее успешного решения в конечном итоге зависит повышение конкурентоспособности национальной экономики и рост благосостояния граждан.

В последние годы такой показатель как энергоемкость ВВП в Беларуси имеет устойчивую тенденцию к снижению. Однако, несмотря на то, что энергоемкость валового внутреннего продукта в нашей стране ниже, чем в соседних государствах СНГ (России и Украине), ее значение в 1,5–2,2 раза выше в сравнении с аналогичными показателями промышленно развитых стран Европы и Америки. Высокой остается и материалоемкость отечественной продукции. Сегодня в Беларуси на каждого жителя потребляется вдвое больше природного газа и в полтора раза больше электроэнергии по сравнению со странами Западной Европы. Это свидетельствует о том, потенциал для снижения энергопотребления за счет внедрения ресурсосберегающих технологических процессов очень высок. В этих целях была разработана Директива № 3 Президента Республики Беларусь от 14 июля 2007 г., которая определяет основные направления и меры по повышению эффективности использования топливно-энергетических, материальных и иных ресурсов. В соответствии с Директивой № 3 в перспективе надлежит не просто обеспечить полное и надежное снабжение населения страны и национальной экономики энергоресурсами, снизить риски и не допустить кризисных ситуаций в энергообеспечении, но и сделать возможной поставку энергоресурсов потребителям по экономически обоснованным ценам.

В развитие законодательной базы для обеспечения энергобезопасности страны принят Закон Республики Беларусь № 204-3 от 27 декабря 2010 г. о возобновляемых источниках энергии. Закон вступил в силу в июле 2011 года и направлен на создание условий для привлечения инвестиций в сферу альтернативной

энергетики и позволяет снизить антропогенное воздействие на окружающую среду за счет более широкого использования энергии солнца, ветра, биомассы.

Рациональное и эффективное использование энергии дает возможность более масштабного снижения зависимости от импорта энергоносителей. Основной задачей государственной политики на современном этапе является привлечение инвестиций в первую очередь для технического переоснащения и модернизации основных производственных фондов, внедрения энерго- и ресурсосберегающих технологий.

Одним из перспективных направлений ресурсосбережения является снижение затрат энергии и других ресурсов при эксплуатации зданий. Известно, что длительное время градостроительная политика имела экстенсивный характер. При строительстве зданий определяющим было внедрение технических решений снижающих стоимость строительства. Такой подход приводил в большинстве случаев к росту удельных затрат тепловой и электрической энергии при последующей эксплуатации построенных зданий. Значительный рост стоимости энергоресурсов привел к необходимости переосмысления прежних принципов проектирования и строительства зданий в направлении более рационального использования энергии, широкого применения энергоэффективных конструктивных элементов, материалов и инженерных систем. Опыт европейских стран в области энергосбережения имеет более продолжительную историю и берет начало с осени 1973 года, когда разразился самый известный в мировой истории энергетический кризис, вынудивший развитые страны разработать мероприятия и технологии, которые помогли снизить энергопотребление и увеличить эффективность использования ресурсов. Существующее положение дает некоторые преимущества для стран, которые только начинают внедрять энергосберегающие мероприятия, в том числе и для Республики Беларусь. Имеющиеся технологии, оборудование, стандарты, методики в данной сфере позволяют не «изобретая известных вещей» сократить затраты времени и ресурсов на разработку программ и мероприятий по энергосбережению, используя уже проверенные на практике принципы. В нашей стране также накоплен некоторый опыт проектирования и строительства энергоэффективных зданий. По-видимому наиболее рациональными решениями в сфере энергосбережения будут мероприятия обобщенные экономически с учетом существующих цен энергоресурсов и затрат на внедрение прогрессивного оборудования.

Целью данной книги является ознакомление читателей, в том числе работников жилищно-коммунального хозяйства, образования, промпредприятий, с основными направлениями энерго- и ресурсосбережения при эксплуатации зданий и существующими методами для реализации данной задачи. Представленная информация может быть полезной при оценке проектов, связанных со строительством и реконструкцией зданий различного назначения.

1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ К ЗДАНИЯМ

Анализ возможностей по минимизации затрат энергии при эксплуатации зданий, должен начинаться уже на стадии разработки градостроительной документации, генпланов застройки и планировки населенных пунктов, отдельных районов, предприятий. Проектирование должно выполняться с оценкой вариантов размещения зданий на местности с учетом влияния существующих зданий и сооружений, а также природных объектов. Для обеспечения снижения энергопотребления отдельных зданий к планировке выдвигаются следующие требования:

- компактность застройки,
- компактность и рациональность форм зданий,
- обеспечение максимального пассивного и активного использования солнечной энергии,
- рациональное использование земель,
- эффективное энергоснабжение, использование возобновляемых источников энергии,
- эффективное управление отведением поверхностных сточных вод и удалением отходов,
- обеспечение доступности общественного транспорта.

Следует отметить, что ряд указанных требований уже отражен в действующих в республике нормах планировки и застройки, другие положения еще требуют отработки и внедрения.

Компактность застройки подразумевает размещение новых объектов строительства в населенных пунктах таким образом, чтобы оно не приводило к значительному удлинению существующих коммуникаций, что неизбежно ведет к повышению потерь при подаче электрической и тепловой энергии в здания, а также увлечению затрат при последующей эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения зданий. Ориентирование и размещение здания должно выбираться таким образом, чтобы здание располагалось вне направлений господствующих ветров, и не находилось в образующихся своеобразных «аэродинамических трубах» созданных уже построенными зданиями и сооружениями, что ведет к возрастанию ветровой нагрузки и связанных с этим дополнительных потерь тепла.

На рисунке 1.1 приведены варианты размещения проектируемых массивов застройки в населенном пункте. Вариант «а» предусматривает существенное удлинение коммуникаций за счет расположения новых кварталов на удалении друг от друга, а также размещение одного из районов застройки в области значительной ветровой нагрузки. Вариант «б», приведенный на том же рисунке, предусматривает более рациональную структуру планировки и застройки.

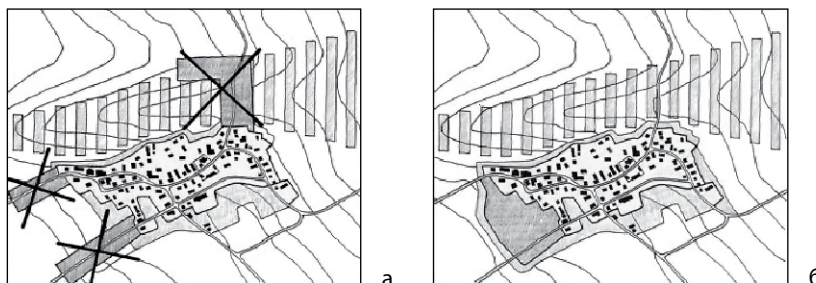


Рисунок 1.1. Варианты размещения проектируемых массивов застройки в населенном пункте

Следует также использовать потенциал древесных насаждений для снижения ветровой нагрузки на проектируемые здания. Ориентацию зданий следует принимать по возможности более открытой в южную сторону, что будет способствовать снижению перегрева здания в период летних пиков солнечного излучения и его использование в зимние месяцы. При этом расстояния между смежными домами должны приниматься с учетом эффективной солнечной инсоляции в зимний период времени, то есть размещение зданий не должно блокировать поступление солнечного света к фасадам других зданий. Рисунок 1.2.

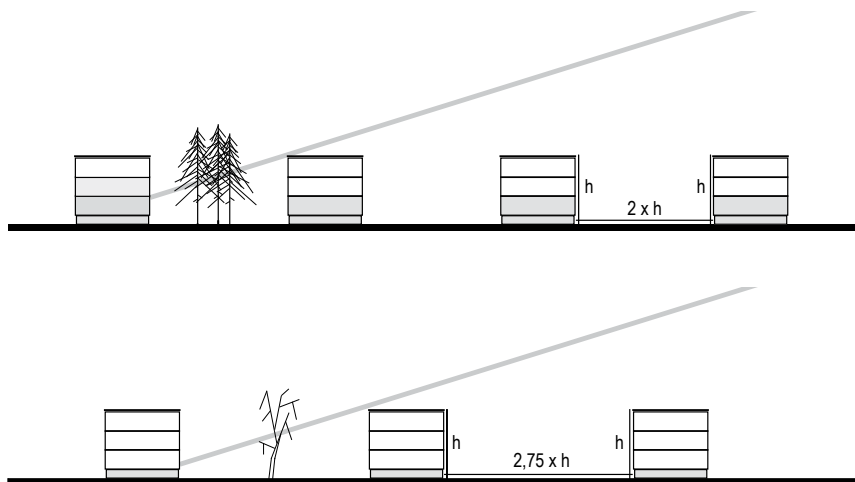


Рисунок 1.2. Влияние размещения зданий на инсоляцию

Пассивное использование солнечной энергии в здании должно сочетаться с легко регулируемой системой отопления. Если принять энергопотребление здания при оптимальном размещении за 100%, то при прочих одинаковых условиях изменение ориентации увеличивает энергопотребление во время эксплуатации здания до 5-7% (рисунок 1.3).

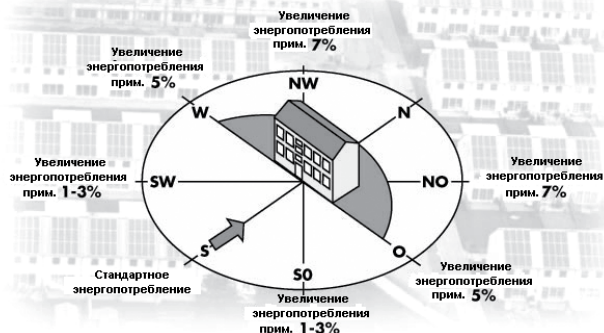


Рисунок 1.3. Влияние ориентации здания относительно сторон света на энергопотребление

Еще один аспект, связанный с пассивным использованием солнечной энергии, – это рациональное расположение помещений в здании. Так, помещения с высокой потребностью в свете, тепле и солнечном излучении, такие как учебные классы и аудитории, жилые комнаты в квартирах, помещения с постоянным присутствием людей в административных зданиях, должны размещаться на солнечной стороне здания. Помещения с меньшей потребностью в свете и тепле, такие как лаборантские, кладовые, лестничные пространства, могут располагаться на северной стороне.

Уровень энергопотребления при ориентировании здания зависит от строительной формы здания и площади окон. Исходя из этого могут определяться параметры окон – направление оконных проемов, их площадь, и выбираться характеристики стекла, например, может использоваться специальная тонировка стекла для регулирования светопропускаемости. В проектах домов с хорошей степенью пассивного использования солнечной энергии большие окна устанавливаются на южном фасаде с высокой инсоляцией, средней величины на восточной и западной стороне и только очень маленькие или вовсе без них на северной стороне. Чем больше площадь окон, тем больше возможности в использовании инсоляции, особенно при хорошей теплоизоляции здания. С другой стороны с увеличением площади окон увеличиваются потери тепла из-за более низкого коэффициента теплового сопротивления окон по сравнению с внешними стенами. Поэтому необходимая площадь окон ограничивается исходя из потребности в световой инсоляции.

Другой стороной пассивного использования энергии солнца в зданиях является снижение интенсивности инсоляции в летний период времени. Нагревание за счет солнечной радиации летом может стать чрезмерным и приводит к значительным затратам электроэнергии, потребляемой кондиционерами. Для решения этой задачи используются как высокотехнологичные решения, например, применение специальных оконных стекол, отражающих большую часть теплового излучения, так относительно простые устройства, такие как подвижные дефлекторы – специальные изогнутые козырьки над окнами. (рисунок 1.4)

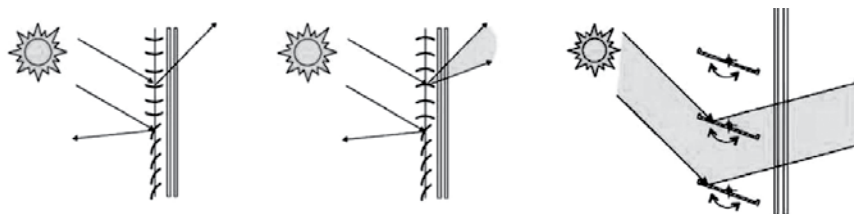


Рисунок 1.4. Схема регулирования поступления солнечного света в помещения дефлекторами

Регулировка дефлектора на окне позволяет достигать отражения значительной части солнечных лучей, либо при необходимости направлять солнечный свет на слабоосвещенные пространства внутри помещений (рисунок 1.5).

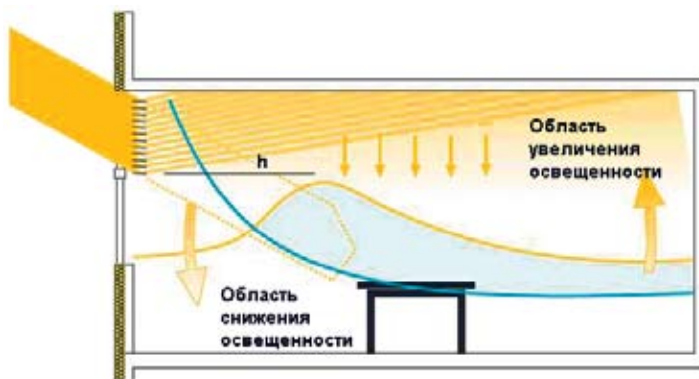


Рисунок 1.5. Схема изменения освещенности в помещении при использовании дефлекторов

Одним из требований к современным зданиям является высокая компактность строительных форм. Для оценки данного требования используется параметр A/V – отношение общей площади поверхности здания (A) к отапливаемому объему здания (V). Это соотношение во многом определяет потребность в энергии для отопления здания. Компактность строительных форм означает снижение значения A/V и уменьшает потребность в энергии. Эффективные здания имеют данное соотношение порядка 0,5. В этом отношении предпочтительно использование правильных форм зданий близких к кубическим (рисунок 1.6).

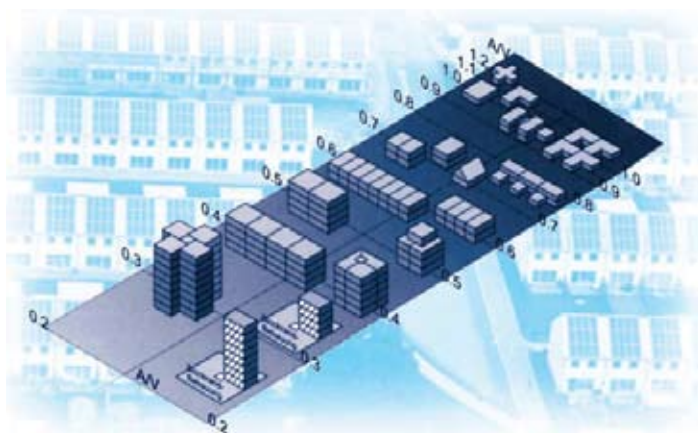


Рисунок 1.6. Строительные формы зданий и отношение A/V

Здания с вычурными архитектурными формами не обладают хорошими теплотехническими характеристиками. Поэтому многие здания, построенные в 60-80 годы, имеют несовершенные формы с этой точки зрения. Например, традиционные проекты зданий школ имеют, как правило, форму удлиненных прямоугольных строений, часто с разной этажностью за счет вынесенных из основного

массива помещений спортивных и актовх залов. Поэтому с позиций теплотехники такие формы не отличаются эффективностью, так как площадь поверхности здания становится очень большой. С другой стороны, требования архитектурной эстетики и необходимость размещения различных по объему помещений трудно совместимы с рациональными кубическими формами. Поэтому проектирование зданий, которые бы сочетали в себе внешнюю привлекательность, удобное расположение помещений и высокие теплотехнические параметры является на сегодняшний день актуальной задачей.

2. СНИЖЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ЗДАНИЙ

2.1 ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ ЗДАНИЙ

Потребление тепловой энергии для отопления зданий составляет значительную долю в балансе энергопотребления. На диаграмме, приведенной на рисунке 2.1, показано, что в коммунальный сектор Республики Беларусь направляется более 56% произведенной тепловой энергии. С учетом использования тепловой энергии для горячего водоснабжения, а также для административных и производственных зданий, можно оценить долю тепловой энергии, направляемой на отопление близкой к 55-60%.

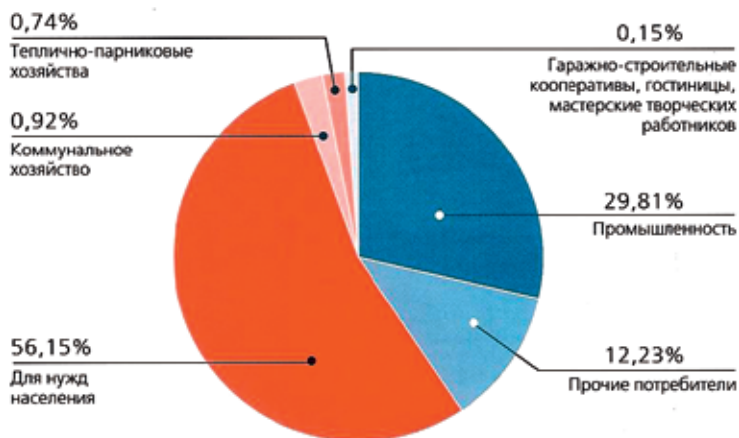


Рисунок 2.1. Баланс отпуска тепловой энергии различным категориям потребителей в Республике Беларусь

Ближкие оценки приводятся и для домохозяйств Германии, где затраты на отопление составляют порядка 53% от энергопотребления в коммунальном секторе. При этом при изучении общественного мнения по данной теме в Германии, респонденты считали, преобладающая часть потребления энергии в быту расходуется электроприборами (рисунок 2.2).

Данные свидетельствуют о значительном потенциале снижения энергопотребления за счет совершенствования конструкций зданий и систем поддер-

жания микроклимата в них, поскольку наиболее высоким является именно потребление тепловой энергии. С другой стороны мы имеем дело с некорректной оценкой важности данного аспекта в восприятии людей, что требует постоянной разъяснительной работы с населением.

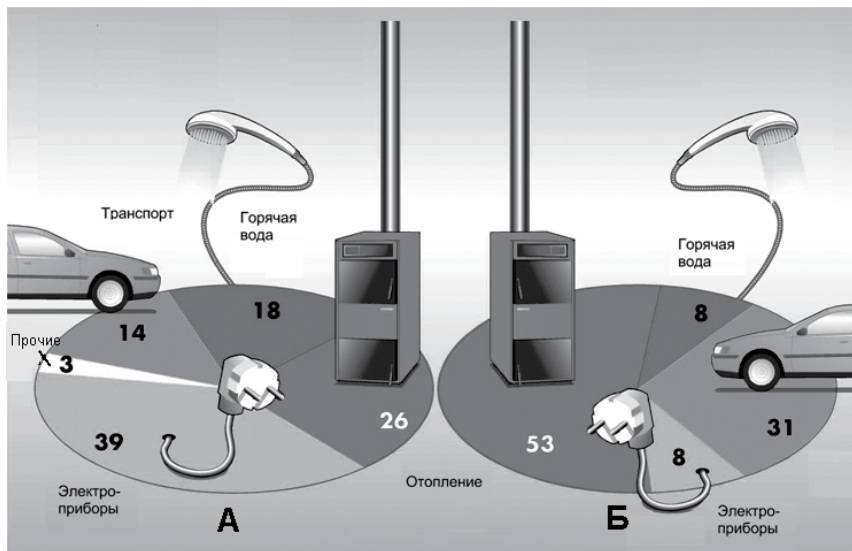


Рисунок 2.2. Структура энергопотребления в домашних хозяйствах в Германии (%)
А- по данным опроса, Б- реальное распределения затрат энергии

Теплоизоляция и герметизация зданий являются весьма привлекательными направлениями в плане снижения потерь тепловой энергии при отоплении зданий. Продолжительное время строительство зданий осуществлялось с минимальным использованием теплоизоляционных элементов в них. Такой подход основывался на возможности получения относительно дешевой энергии для отопления. Это привело к тому, что к 2000 году в Беларуси потребление энергии на отопление жилых помещений составляло 80-120 МДж/м² год. Для сравнения в Финляндии, стране с более суровым климатом, данный показатель составляет 45-50 МДж/м² год.

Если рассмотреть физические основы процесса теплообмена здания с окружающей средой, то большая часть потерь тепла из зданий происходит за счет процесса теплопередачи (Q_T) и при инфильтрации (Q_I), обусловленной воздухообменом внутренних помещений:

$$Q = Q_T + Q_I \quad (2.1)$$

при этом теплопередача через стену определяется по зависимости:

$$Q_T = k \Delta t F = \frac{(t_B - t_H) F}{\left(\frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_i} \right)} \quad (2.2)$$

где k – коэффициент теплопередачи;
 Δt – перепад температур, $^{\circ}\text{C}$;
 F – поверхность теплообмена, м^2 ;
 $\alpha_{\text{в}}$ – коэффициент теплоотдачи воздуха внутри помещения;
 $\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент теплоотдачи наружного воздуха;
 δ_i – толщина i -слоя материала стены, м ;
 λ_i – коэффициент теплопроводности i -слоя материала стены;
 $t_{\text{н}}$ – температура наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$;
 $t_{\text{в}}$ – температура воздуха внутри помещения, $^{\circ}\text{C}$.

Из зависимости 2.2 вытекает, что величины теплопередачи и соответственно потерь тепла из зданий определяются толщиной ограждающих конструкций и их теплофизическими свойствами. Теплоизолирующий эффект различных конструкционных материалов зависит от их пористости. Поскольку воздух имеет меньший коэффициент теплопроводности, чем бетон и металл, то пористые материалы будут иметь меньшие значения теплопроводности чем однородные (рисунок 2.3). С другой стороны, прочностные свойства конструкционных материалов находятся в обратной зависимости, поэтому при проектировании зданий должны учитываться как теплотехнические, так и требования к несущей способности конструкций. Ужесточение требований к уровню потерь тепла в зданиях вызвало интерес к проектированию каркасных и полукаркасных типов зданий, в которых ограждающие конструкции не имеют несущих нагрузок. Это позволяет более широко использовать для их сооружения материалы с высокими теплоизоляционными свойствами.

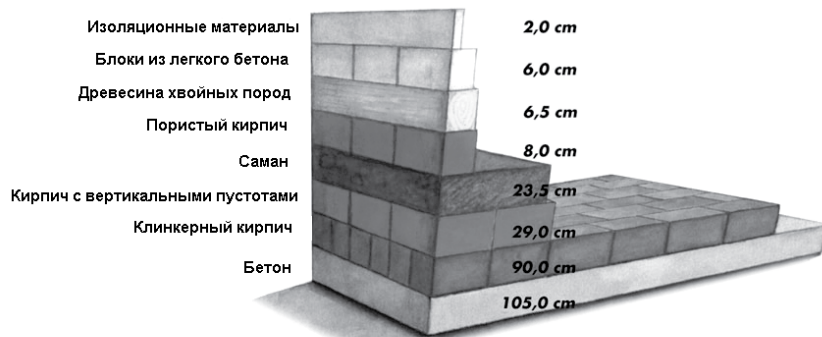


Рисунок 2.3. Теплоизолирующий эффект от различных конструкционных материалов

Тепловой поток за счет воздухообмена рассчитывается по формуле:

$$Q_i = \frac{mV}{3} (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \quad (2.3)$$

где m – коэффициент инфильтрации – кратность воздухообмена помещения за 1 час;
 V – объем помещения, м^3 .

Формула 2.3 показывает, что при увеличении герметизации здания, величина неорганизованного воздухообмена снижается и соответственно уменьшаются и теплопотери.

Если рассмотреть характер распределения теплопотерь через ограждающие конструкции зданий, то в среднем оно выглядит следующим образом:

- стены 42-49%;
- окна 32-36%;
- подвальные и чердачные перекрытия 11-18%;
- входная дверь 5-15%.

Подходы к решению проблемы теплоизоляции зданий различаются в зависимости от того планируется ли строительство нового здания или рассматривается реконструкция существующих зданий. В настоящее время вновь строящиеся здания должны удовлетворять требованиям более жестких норм строительной теплотехники, нежели в предшествующие годы. При этом во многих странах происходит постоянное ужесточение требований к ограждающим конструкциям по величине теплосопrotivления.

На рисунках 2.4 и 2.5 приведены фрагменты, отражающие изменение требований к теплотехническим параметрам зданий в Германии, объем применения теплоизолирующих материалов в ограждающих конструкциях и кровле и потенциал снижения затрат энергии на отопление зданий при их модернизации.



Рисунок 2.4. Требования к теплоизолирующему эффекту ограждающих конструкций зданий в Германии для домов различных лет постройки



Многokвартирные дома		Одно- двухквартирные дома отдельностoящие		Одно- двухквартирные многоквартирные sbлокированные дома	
Год постройки	1919-1948	Год постройки	1949-1968	Год постройки	1969-1977
Потребность в энергии	кВт ч/м² сут.	Потребность в энергии	кВт ч/м² сут.	Потребность в энергии	кВт ч/м² сут.
До модернизации	прим. 265	До модернизации	прим. 250	До модернизации	175
После модернизации	прим. 75	После модернизации	прим. 80	После модернизации	70
Сокращение энергопотребления	72%	Сокращение энергопотребления	68%	Сокращение энергопотребления	60%

Рисунок 2.5. Потенциал снижения затрат энергии на отопление зданий при их модернизации

Подобные тенденции можно проследить и в строительной практике нашей страны. В этом отношении наиболее проблемными зданиями являются здания 60-80х годов постройки прошлого века. В последующем нормы к теплотехническим параметрам строящихся зданий стали более жестким. Нормы проектирования в этой области регламентируются ТКП 45-2.04-43-2006 «Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования», который был введен в действие с 01.07.2007 года. Данный документ устанавливал требования по нормативному сопротивлению теплопередаче в жилых и общественных зданиях для:

- наружных стен крупнопанельных, каркасно-панельных и объемно-блочных зданий – $2,5 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$,
- наружных стен монолитных зданий $-2,2 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$,
- наружных стен из штучных материалов (кирпич, шлакоблоки) - $2,0 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$,
- заполнение световых проемов - $0,6 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$.

В 2009 году было принято изменение к указанному документу, устанавливающее с 01.07.2009 более жесткие требования по указанному параметру в жилых и общественных зданиях для:

- наружных стен – $3,2 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$,
- заполнения световых проемов - $1,0 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$,

Таким образом, через два года произошло повышение уровня требований к теплотехническим параметрам ограждающих конструкций (в том числе зданий школ) в 1,25-1,70 раза, что отражает текущую политику государства в строительстве с ориентацией на энергосбережение.

При новом строительстве повышенные требования к снижению теплопотерь учитываются при проектировании зданий путем выбора соответствующих материалов (в том числе термоизоляционных) и использования рациональных конструкций здания (рисунок 2.6)



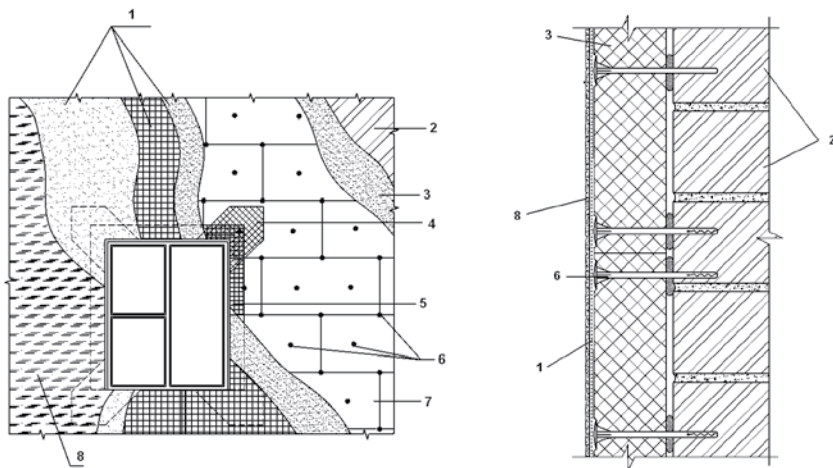
Рисунок 2.6. Схемы конструкций стен с увеличенным теплосопротивлением

При модернизации уже построенных зданий, возможности выбора технических решений по термоизоляции ограничены существующей конструкцией здания. В данном случае оцениваются возможности повышения теплотехнических

свойств здания и затраты на проведение такого рода работы. В ряде случаев строительство нового здания может оказаться более приемлемым в экономическом плане, нежели проведение тепловой модернизации.

В настоящее время выпускается большое количество видов теплоизолирующих материалов на основе минеральных ват, полистирола, пенопластов и других минеральных синтетических материалов. Все более широкое распространение получают теплоизоляционные материалы, произведенные на основе натуральных ингредиентов (целлюлозы, льна и других). Теплоизоляция может производиться за счет использования многослойной конструкции ограждающих стен, когда утеплитель укладывается между слоями несущих конструктивных материалов, либо путем крепления утеплителя на наружных стенах и(или) внутри помещений. Из более простых способов тепловой модернизации зданий в Республике Беларусь в настоящее время используется частичная или полная теплоизоляция внешних стен, а также и уменьшение теплопотерь через окна путем использования оконных блоков с повышенными теплоизоляционными свойствами.

Рекомендации по применению различных схем утепления стен зданий приводятся в ряде норм проектирования, где отражены правила устройства таких систем (например, «Термошуба», «Церезит», «Капатекут» и других). Большая часть таких конструкций предполагает монтаж с наружной стороны стен слоя теплоизоляционного материала. В некоторых случаях слой теплоизоляционного материала отделяют дополнительным вентилируемым ограждением (рисунки 2.7, 2.8).



1 – армированный слой

2 – материал стены

3 – клеевой слой

4 – диагональная накладка

5 – угловая накладка

6 – анкеры

7 – теплоизоляция

8 – наружный защитный слой

Рисунок 2.7. Тепловая изоляции наружных ограждающих стен зданий



Рисунок 2.8. Тепловая изоляция наружных стен зданий с вентилируемым фасадом

Мировой опыт в данном направлении несколько шире, в частности при модернизации старых зданий производится ликвидация тепловых мостиков, как правило, заменяются системы вентиляции, отопления и т. д. В качестве примера можно привести здание 1962 года постройки, в результате модернизации которого получено снижение потребления тепловой энергии с 260 кВт ч/м² в сутки до 65 кВт ч/м², т.е на 75%. При этом 6% сокращения дало утепление кровли и чердака, 23% – установка герметичных окон вместо обычного остекления, 32% – теплоизоляции стен, 2% – теплоизоляция пола, 12% – замена котла на жидком топливе 70-х годов выпуска на современный газовый.

Значительные потери тепла сосредотачиваются в называемых мостиках холода или тепловых мостиках – это конструктивные участки здания, на которых из-за нарушения непрерывности теплоизоляционной оболочки происходит повышенная теплоотдача. Различают тепловые мостики, обусловленные геометрией зданий (выступы и углы зданий), а также возникающие при контакте материалов с разными теплотехническими свойствами. Поэтому при проектировании новых зданий и реконструкции существующих важной задачей является минимизация негативного влияния тепловых мостиков.

В конструкции здания можно выделить ряд элементов, в которых возникают тепловые мостики, например, перекрытия между отапливаемыми помещениями и подпольями (рисунок 2.9).

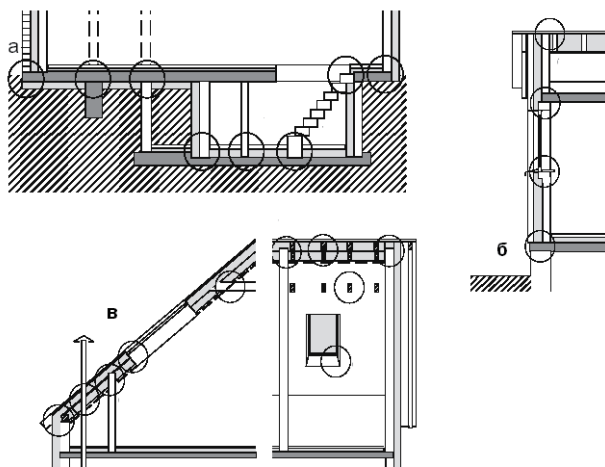


Рисунок 2.9. Места образования тепловых мостиков в зданиях

а – цокольный этаж и подвал: б – ограждающие конструкции: в – крыша и чердачное помещение

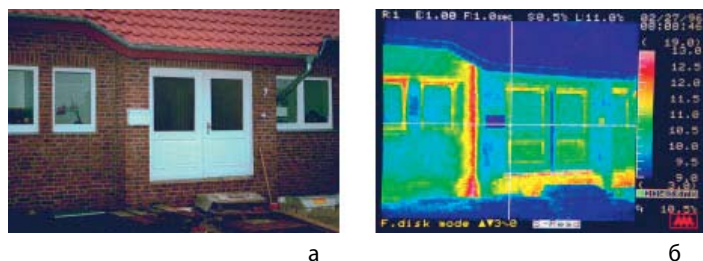


Рисунок 2.10. Вид здания (а) и его термографический снимок (б), показывающий значительные теплопотери через тепловые мостики, образовавшиеся в области установки входных дверей сэркром

Архитектурные формы школьных зданий часто содержат большое количество тепловых мостиков. Например, при создании проездов под зданиями, происходят интенсивные потери тепла через перекрытия арок, вследствие их недостаточной изолированности и повышенной ветровой нагрузки (рисунок 2.11).



Рисунок 2.11. Вид зданий школ с арочными проездами

Устранение тепловых мостиков в конструктивных элементах зданий производится путем предотвращения контакта хорошо проводящих тепло материалов и поверхностей, имеющих значительную разницу в температурах при их обычной эксплуатации. Технические приемы для реализации таких методов в различных элементах зданий приведены на рисунках 2.12-2.15.

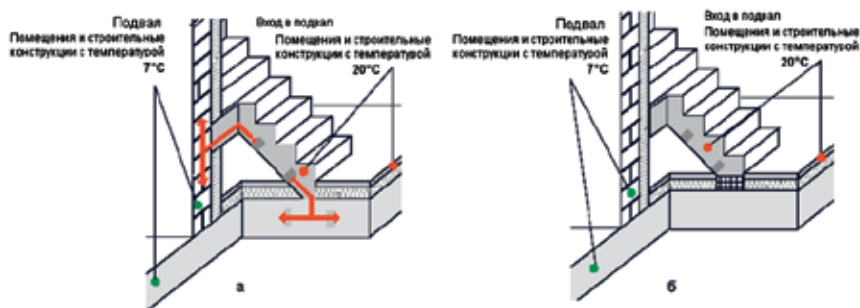


Рисунок 2.12. Существоющие тепловые мостики (а) на участке входа в подвальные помещения и технические решения по их минимизации (б)

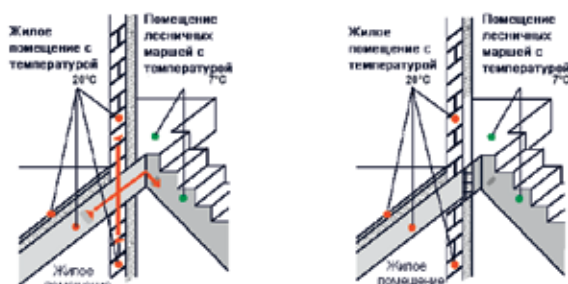


Рисунок 2.13. Существоющие тепловые мостики (а) на лестничных помещениях и технические решения по их минимизации (б)



Рисунок 2.14. Тепловые мостики при наличии выступов на наружных конструкциях стен (а) и решения по снижению теплопотерь (б)



а

Рисунок 2.15а. Использование ряда термически разделительного опорного кирпича на плите лоджии при строительстве зданий



б

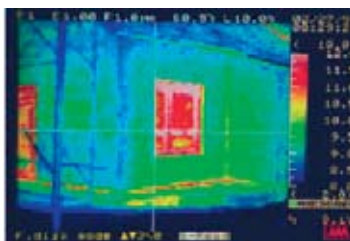
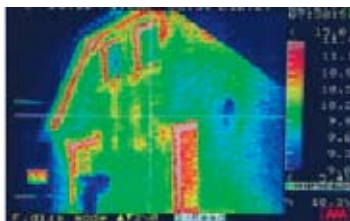
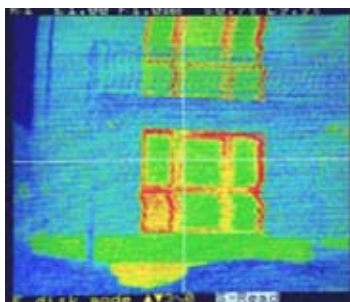
Рисунок 2.15б. Фронтон здания с 8 мм утеплителем из минеральной ваты Утепление между стеной и стропилами

2.2 СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ТЕПЛА ЧЕРЕЗ ОКНА

Окна играют важную роль в оформлении интерьеров помещений и фасадов зданий. Качественное окно может быть надежной защитой от холода, шума, пыли. Проблемные окна могут привести к бесполезной трате огромного количества энергии на отопление. Традиционно окна зданий изготавливались из деревянных элементов с остеклением с одним или двумя оконными рамами. К одинарным оконным рамам в холодный период времени устанавливали дополнительную вторую оконную раму. Такая практика была обычной для односемейных домов. В многоэтажных домах и общественных зданиях двойные рамы монтировались стационарно. Такие традиции в строительстве существовали довольно долго.



Рисунок 2.16. Вид оконных блоков школ на фасаде здания и из помещения школы



а

б

Рисунок 2.17. Вид зданий (а) и их термографические снимки (б), показывающие значительные теплотери через окна

В настоящее время традиционная конструкция окон уже не удовлетворяет возросшему уровню теплотехнических требований. Как указывалось ранее, через окна может теряться до трети тепловой энергии потраченной на отопление. Таким образом, утепление окон может дать существенный выигрыш в снижении энергопотребления. Сегодня мы имеем довольно обширный выбор предложений в этой области. Можно модернизировать окна, установив стеклопакеты, можно попытаться усовершенствовать традиционные конструкции.

Наиболее распространенным способом модернизации окон является замена традиционных конструкций оконных проемов на герметичные. Установка герметичного окна снижает потери за счет уменьшения притока холодного воздуха через окно и повышения сопротивления теплопереносу через площадь стеклопакета.

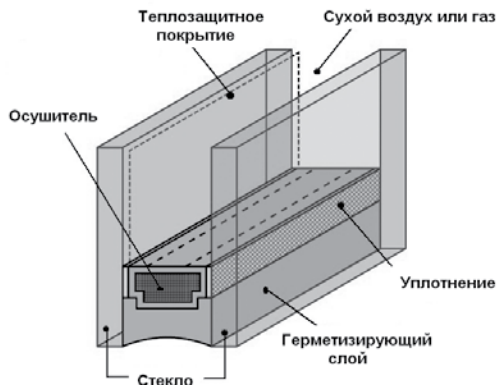


Рисунок 2.18. Схема устройства стеклопакета

Стеклопакеты изготавливаются из блока, состоящего из двух и более оконных стекол, между которыми установлена дистанционная рамка. По всему периметру стеклопакета по краям монтируется специальный профиль, который склеивается с оконными стеклами через двухступенчатое уплотнение для пароизоляции и обеспечения герметичности конструкции. В пространство между стеклами не должен попадать воздух, поскольку это приводит к запотеванию стекол и потере прозрачности.

Стеклопакеты могут выполнять функции теплоизоляции, защиты от чрезмерной солнечной радиации, звукоизоляции, противопожарной защиты, защиты от несанкционированного проникновения в помещение, а также совмещать ряд этих функций. Профили стеклопакетов могут изготавливаться из поливинилхлорида (ПВХ) или дерева. В последнем случае используются не цельные деревянные бруски для изготовления элементов профиля, а так называемые сэндвич-панели или сэндвич-бруски. Такие бруски состоят из деревянных полос и одного либо нескольких слоев полимерных материалов, что позволяет получить герметичные комбинированные оконные профили с высокими теплотехническими характеристиками.

Для усиления теплоизолирующего эффекта пространство между стеклами может заполняться инертным газом – аргоном. Существуют конструкции стеклопакетов, у которых в пространстве между стеклами создается вакуум, а на внутреннюю сторону стекла наносится невидимый теплоотражающий слой серебра.

Сопротивление теплопередаче оконного стеклопакета составляет в среднем $0,3-0,8 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$ и зависит от количества стекол и других особенностей конструкции стеклопакета. Согласно действующим в Республике Беларусь нормам проектирования это значение должно быть не менее $0,6 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$. (2007 г.) и $1,0 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$. (2009 г.).

Увеличение количества стекол в стеклопакете не только повышает сопротивление теплопередаче, но и существенно снижает прозрачность остекления, а также приводит к утяжелению оконного блока. В связи с этим более предпочтительным представляется применение специальных высокоэффективных теплозащитных стекол, которые позволяют повысить коэффициент сопротивления теплопередаче до $0,7-1,2 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$ и более.

Конструкции профилей стеклопакетов могут совершенствоваться за счет исключения хорошо теплопроводящих металлических элементов, включения в промежуточное пространство между стеклами специальных отражающих пленок. В качестве теплозащитных стекол могут использоваться два типа стекол. На первый тип (так называемое К-стекло) наносится стойкое прозрачное пиролитическое покрытие, которое включает ряд компонентов, по большей части металлов. Оно обеспечивает прохождение солнечной энергии в здание и практически не снижает прозрачность, при этом существенно сокращает тепловые потери через окно. Покрытие пропускает коротковолновую солнечную энергию в помещение, но не пропускает наружу длинноволновое тепловое излучение, например, от отопительных приборов. На второй тип стекла (так называемое «I-стекло») наносится покрытие методом электромагнитного напыления в вакууме, во время которого частицы оксидов металлов оседают на стекло. Преимущество данного метода состоит в получении стекла, покрытого равномерным качественным теплозащитным слоем. Основным недостатком такого типа стекла является его пониженная абразивная стойкость по сравнению с К-стеклом, что представляет определенные неудобства при транспортировке и хранении.

Теплозащитное остекление (коэффициент сопротивления теплопередаче от $0,8 \text{ м}^2\text{С/Вт}$) позволяет значительно уменьшить потери энергии: в отопительный сезон можно экономить на каждом квадратном метре оконной площади современного теплозащитного остекления по сравнению с:

- простым стеклом – 400 кВт ч/м^2 ;
- однокамерным стеклопакетом – 165 кВт ч/м^2 ;
- двухкамерным стеклопакетом – 165 кВт ч/м^2 .

Чем больше площадь окон дома, тем большее значение приобретает качество остекления и его теплозащитные свойства. Ежегодная экономия энергии на отопление в жилом доме при замене однокамерных стеклопакетов на теплозащитное остекление со средней площадью окон 20 м^2 составляет приблизительно 3300 кВт ч .

Применение герметичных оконных конструкций позволяет существенно снизить теплопотери за счет ликвидации поступления холодного воздуха извне помещения через неплотности в окнах и увеличения сопротивления теплопередаче через площади остекленных проемов. Однако применение герметичных оконных конструкций может привести к проблемам, связанным с недостаточной вентиляцией, повышенной влажностью в помещениях и появлением грибковых поражений.

Еще один подход к реконструкции оконных систем заключается в установке стеклопакетов в негерметичные деревянные рамы традиционных конструкций. Таким образом, сохраняется привычная система организации вентилирования помещений через негерметичные окна (рисунок 2.19). Улучшение теплотехнических параметров окна достигается за счет меньшего теплообмена через площадь остекления благодаря большому сопротивлению теплопередаче у стеклопакета в сравнении с обычным листовым стеклом. Этот прием может быть достаточно эффективным в существующих условиях. Недостаток этого способа в том, что модернизация может выполняться только для большого количества оконных проемов, поскольку производство стеклопакетов для отдельных окон может быть экономически невыгодно.



Рисунок 2.19. Окно здания после установки стеклопакетов в деревянные негерметичные деревянные рамы

Еще более простым и доступным способом снижения теплотерь через окна является улучшение теплотехнических характеристик обычных окон с листовым стеклом. К таким методам можно отнести как сезонное утепление окон путем оклейки или дополнительного уплотнения, так и проведение более сложных работ по созданию утепляющих приспособлений с длительным сроком эксплуатации, в том числе установка дополнительных стекол, переплетов или специальных уплотнительных материалов между элементами окна.

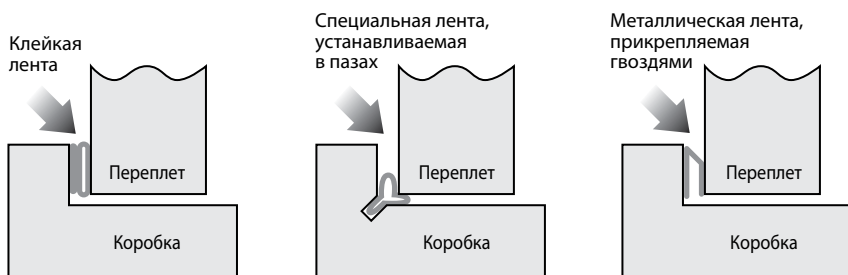


Рисунок 2.20. Установка дополнительных уплотнительных элементов в окнах



Рисунок 2.21. Устройство паза фрезой и установка теплоизоляционной трубки в прорезанный паз оконной рамы

Следует отметить, что за счет использования таких простейших методов утепления окон достижение нормативных требований по сопротивлению теплопередаче 0,6-1,0 м²С/Вт не осуществимо, поэтому такие работы не могут быть использованы при ремонтах и реконструкции зданий. Область их применения ограничена сезонной подготовкой к осенне-зимней эксплуатации зданий, для которых не запланированы работы по ремонту или реконструкции в ближайшей перспективе.

2.3. ГЕРМЕТИЗАЦИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ ВЕНТИЛЯЦИИ В ЗДАНИЯХ С МИНИМИЗАЦИЕЙ ПОТЕРЬ ТЕПЛА

Для снижения потерь, связанных с диффузионным теплопереносом с воздухом, здания по возможности должны быть герметичными, т.е. неорганизованный воздухообмен через различные неплотности необходимо свести к минимуму. Для оценки степени герметичности зданий и отдельных помещений используется специальная установка "blower door", монтируемая на входных дверях. Установка оснащена измерительными приборами и устройствами для снижения давления внутри помещения. Степень герметичности можно оценить по изменению давления в течение времени. Кроме того проведение такого испытания помогает установить отдельные точки в помещении с высокой диффузией воздуха (рисунки 2.22, 2.23).

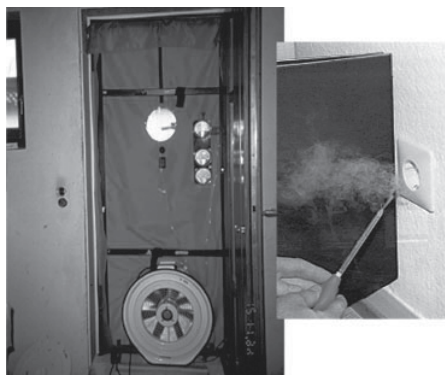


Рисунок 2.22. Вид смонтированной установки для оценки степени герметизации зданий и фото, показывающее высокую диффузию наружного воздуха через электрические розетки

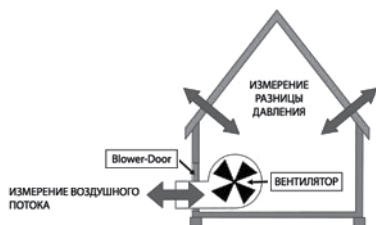


Рисунок 2.23. Схема испытания с использованием установки "blower door"



Повышение герметичности конструкции здания обеспечивается за счет специальной отделки внутренних помещений – чердачных, подвальных, использования герметичных конструкций окон и дверей (рисунок 2.24). Еще один аспект, связанный с обеспечением герметичности, – это проводка различных коммуникаций в здание. Каждый ввод трубопровода или кабеля может быть местом теплопотерь, поэтому, чем меньшее количество различных каналов для прохода коммуникаций будет содержать здание, тем меньше возможные утечки теплоты из помещений. Кроме того все вводы коммуникаций в здание следует герметизировать (рисунок 2.25-2.27).



Рисунок 2.24. Герметизация чердачной части здания с помощью полиэтиленовой пленки (а) и листами ДВП, со шпунтовыми соединениями (б)

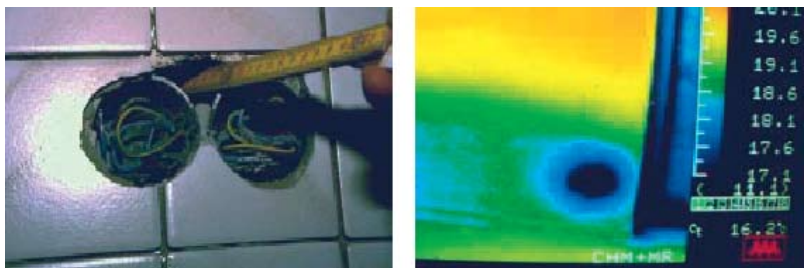


Рисунок 2.25. Вид (а) и термографический снимок (б) установочных ниш для электрических розеток с недостаточной степенью герметизации



Рисунок 2.26. Пример некачественного исполнения при герметизации трубопровода



Рисунок 2.27. Примеры выполнения качественной герметизации вентиляционных трубопроводов в здании

К обеспечению герметизации относится и установка стеклопакетов, которые позволяют существенно улучшить теплотехнические параметры здания, снизить теплопотери за счет ликвидации поступления холодного воздуха извне через неплотности в окнах и увеличения сопротивления теплопередаче через площади остекленных проемов. Однако применение таких оконных конструкций и элементов герметизации может привести к проблемам связанным с повышенной влажностью в помещениях и появлением грибковых поражений.

В течение суток в помещениях образуется значительное количество водяного пара, например:

- при дыхании человека выделяется до 50 г/ч воды, с потом – еще 10-50 г/ч.,
- при работе душа испаряется 2000 г/ч воды,
- при работе газовой плиты 100-400 г/ч.

Для поддержания нормальной влажности в помещениях водяной пар должен удаляться вместе с воздухом, выводимым из помещений при вентиляции. Согласно требованиям ГОСТ 30494-96 оптимальная влажность в помещениях учебных классов составляет 30-45%, максимальная не должна превышать 60%.

В традиционных конструкциях окон свежий воздух поступал в помещения через специально запроектированные неплотности в окнах, а из зданий воздух отводился через конвекционную вытяжную систему вентиляции (т.е. без использования вытяжных вентиляторов). При монтаже герметичных оконных стеклопакетов воздухообмен нарушается, особенно если жильцы недостаточно часто проветривают помещения. При увеличении концентрация водяного пара в здании вода начинает конденсироваться на поверхностях с более низкими температурами и приводит к появлению грибковых поражений стен (рисунок 2.28).



Рисунок 2.28. Микробиологические поражения внутренних стен зданий и конденсация влаги на них вследствие снижения воздухообмена

Для того чтобы избежать проблем с влажностью требуется увеличить кратность воздухообмена. Это достигается либо простейшими методами за счет более интенсивного проветривания путем открытия окон, либо модернизацией систем вентиляции, что позволяет автоматизировать процесс поддержания нужных параметров воздухообмена.

Организация повышенного воздухообмена в герметизированных зданиях, когда в помещение подается холодный воздух и отводится воздух нагретый до комнатной температуры, значительно снижает эффект сохранения тепла, полученный при герметизации. Самые совершенные системы вентиляции предусматривают так называемую рекуперацию тепла отводимого воздуха, принцип действия которой показан на рисунке 2.29.

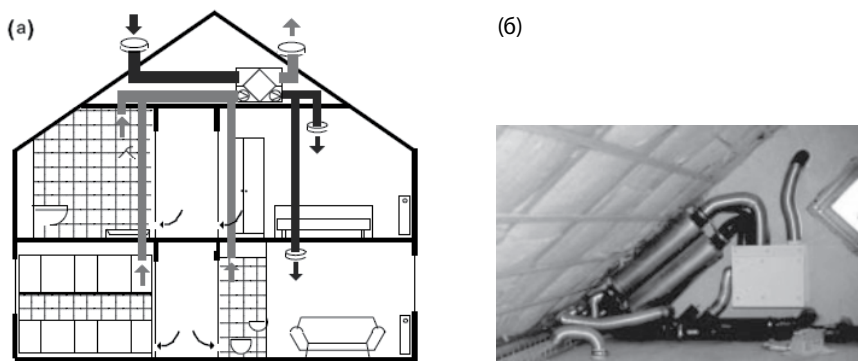


Рисунок 2.29. Принцип работы системы вентиляции с рекуперацией тепла в центральном теплообменнике (а); вид теплообменника, смонтированного на чердачном помещении (б)

Такая система включает двойные воздуховоды для поступающего и отводимого воздуха и центральный теплообменник для нагрева и очистки поступающего воздуха с использованием теплоты воздуха отводимого из помещения. Схема работы теплообменника показана на рисунке 2.30.

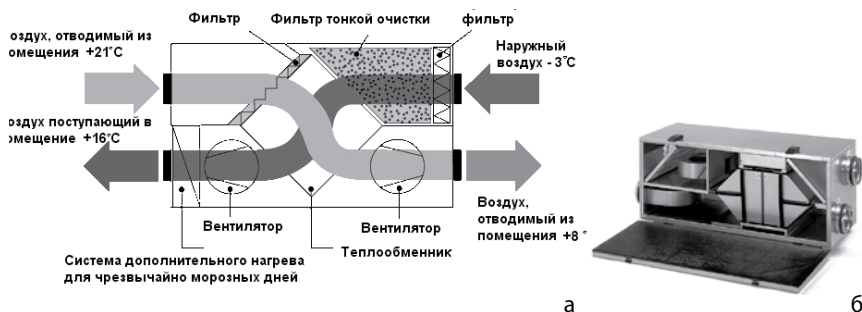


Рисунок 2.30. Схема работы (а) и вид (б) теплообменника для системы вентиляции

Преимуществами вентиляции с рекуперацией тепла являются высокий уровень комфортности в части воздухообмена в помещениях и снижение тепловых потерь. Наиболее совершенные модели теплообменников в таких системах позволяют поддерживать перепад между температурой поступающего и отводимого воздуха на уровне 1–5°C. Данная система характеризуется высокой гибкостью регулирования кратности воздухообмена и утилизацией теплоты сбрасываемого воздуха, однако требует дополнительных затрат. В частности требуется электроэнергия для эксплуатации как минимум двух вентиляторов. Вследствие большей длины вентиляционных трубопроводов и соответственно большего их сопротивления потоку воздуха расход электроэнергии может быть существенным.

Кроме того, для размещения такой системы вентиляции требуется довольно значительное пространство. Если при новом строительстве эта задача может решаться путем установки оборудования на чердаках, то в случае реконструкции уже используемых помещений размещение теплообменника и воздуховодов может вызвать ряд дополнительных проблем (рисунок 2.31). Следует отметить, что эксплуатация таких систем требует периодического обслуживания фильтров.



Рисунок 2.31. Монтаж теплообменника для системы вентиляции в помещении

В ряде случаев применение вентиляционных систем с центральным теплообменником может оказаться невозможным по перечисленным техническим причинам.

Более простая система вентиляции – с децентрализованным притоком и централизованным отводом воздуха одним вытяжным вентилятором – приведена на рисунке 2.32.

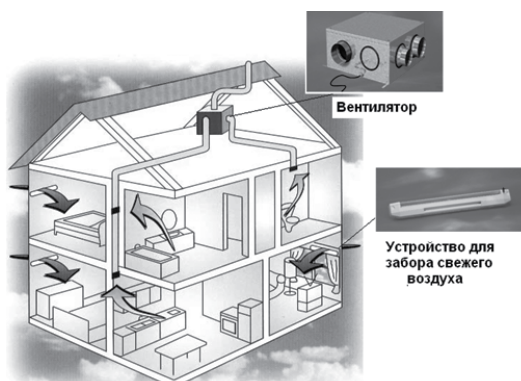


Рисунок 2.32. Система вентиляции с децентрализованным притоком и централизованным отводом воздуха одним вытяжным вентилятором

Эта схема требует только один большой вентилятор. Индивидуальное регулирование кратности воздухообмена в отдельных помещениях ограничено, используется центральное регулирование по всему зданию. Поступление свежего воздуха в помещения производится через специальные приточные устройства, монтируемые в стенах, или через систему вентиляционных отверстий в конструкции окон. Эксплуатация таких систем более простая, однако и менее гибкая. При этом также требуется использование вытяжных вентиляторов.

Использование децентрализованных приточных устройств с нагревом поступающего в помещение воздуха за счет уходящего позволяет снизить потери теплоты, но ведет к удорожанию системы (рисунок 2.33).



Рисунок 2.33. Вид децентрализованного устройства для обеспечения воздухообмена с рекуперацией тепла

Система организации воздухообмена, приведенная на рисунке 2.34, предполагает использование отдельных вытяжных вентиляторов для удаления воздуха из каждого помещения, что позволяет сделать работу системы вентиляции более гибкой. В этом случае возможно регулирование воздухообмена в каждом помещении.

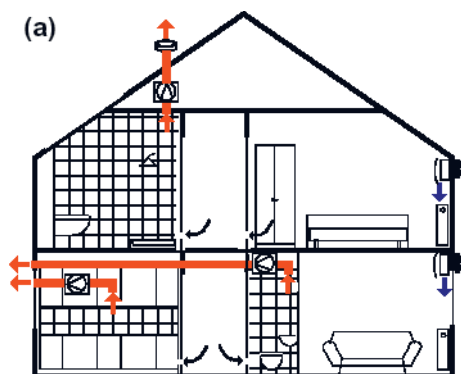


Рисунок 2.34. Система вентиляции без утилизации сбрасываемого тепла с децентрализованным притоком и децентрализованным отводом воздуха вытяжными вентиляторами

Существуют и другие схемы организации вентиляции в зданиях с рекуперацией отводимого тепла или без нее. Выбор схемы в каждом конкретном случае должен основываться на технико-экономическом расчете, учитывающем требования к микроклимату, стоимости строительства и эксплуатаций таких систем, в том числе и затрат энергии.

3. СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЙ

Ужесточение требований к энергоэффективности зданий диктует также определенные условия и для систем отопления зданий. На рисунке 3.1 представлено развитие подходов к теплоснабжению зданий от печного отопления к системам водяного отопления у современного энергосберегающего здания.



Рис 3.1. Типичные системы отопления зданий

Хотя по действующим нормам СНБ 4.02.01-03 допускается применение печного отопления для одноэтажных школ с числом мест до 80 человек, такие здания сейчас довольно редкое явление. Более распространены системы водяного отопления различных типов. Следует отметить, что потенциал энергосбережения в системах теплоснабжения в Республике Беларусь по-прежнему высок и составляет 40-50%.

Конструктивно системы водяного отопления могут выполняться по различным схемам. Так, подающие магистральные трубопроводы для распределения нагретой воды могут трассироваться в верхней или в нижней части здания, выполняться с попутным движением воды либо тупиковыми. От магистральных трубопроводов вода может подаваться к нагревательным приборам по одной или двум трубам (так называемые однотрубные и двухтрубные системы). Подводящие трубопроводы к нагревательным приборам могут трассироваться горизонтально или вертикально. Исходя из приведенной классификации устройство водяного отопления возможно по весьма разнообразным схемам, которые приводятся в специальной литературе.

Наибольший интерес для нас представляет такое исполнение схемы отопления, которое позволяет регулировать поступление тепла к каждому отопительному прибору. Эти отопительные системы являются более гибкими и создают условия для энергосбережения. В рамках данного издания невозможно привести описание всех схем отопления, поэтому для иллюстрации возможностей регулирования подачи теплоносителя к нагревательным приборам приведем только две.

Если рассмотреть приведенную на рисунке 3.2 схему однотрубной системы отопления с замыкающими участками, то станет очевидно, что попытка регулирования подачи теплоносителя (горячей воды) на любом из радиаторов неизбежно приведет к нарушению баланса в системе. Произойдет также уменьшение подачи тепла в другие нагревательные приборы, смонтированные на том же стояке, и увеличение подачи теплоты в нагревательные приборы, присоединенные к другим стоякам. По этим причинам регулирование подачи теплоты самими потребителями невозможно.

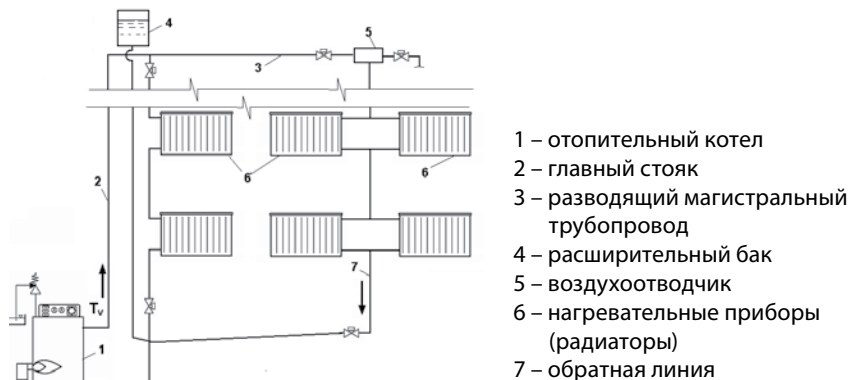


Рисунок 3.2. Однотрубная система водяного отопления с замыкающими участками

На рисунке 3.3 приведена схема системы отопления, где регулирование подачи к отдельным нагревательным приборам не вызывает каких-либо затруднений с эксплуатацией всей системы в целом. В данном случае нагретая вода подается по отдельным стоякам, отводящая от радиаторов вода идет по другим трубопроводам. Такое исполнение называется двухтрубной системой. Простейший способ регулирования в данной системе – это установка вентилей на отводах от подающего трубопровода к радиаторам. За счет изменения степени открытия запорной арматуры (вентилей) меняется расход теплоносителя через отопительный прибор.

- 1 – магистральный трубопровод нагретой воды
- 2 – обратный магистральный трубопровод
- 3 – стояк нагретой воды
- 4 – стояк для отвода воды (обратный)
- 5 – нагревательные приборы (радиаторы)
- 6 – обратная линия
- 7 – клапан термостатический
- 8 – регулятор перепада давления и расхода

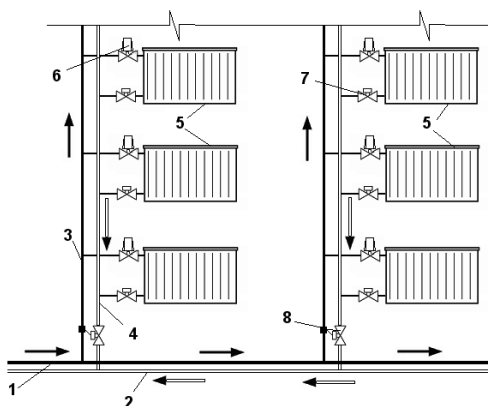


Рисунок 3.3. Пример исполнения двухтрубной регулируемой системы водяного отопления

Технически более совершенный способ регулирования предусматривает использование вместо механических вентилей термостатических регуляторов (рисунок 3.4).

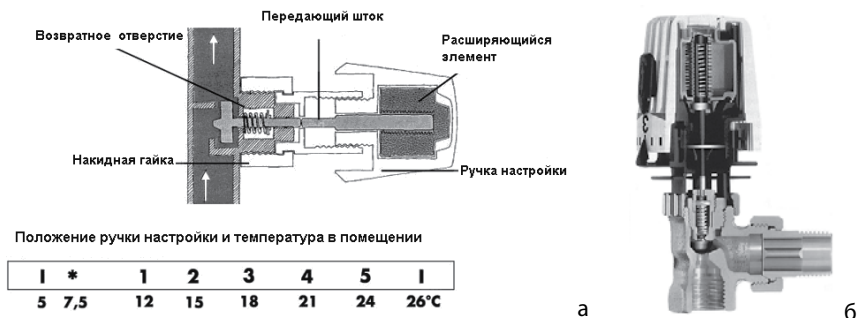


Рисунок 3.4. Схема (а) и вид (б) термостатического вентиля

Установка режима работы термостатического регулятора производится ручным переключателем. При повышении температуры воздуха в отапливаемом помещении увеличивается объем термочувствительного жидкостного элемента, который перемещает передающий шток, воздействующий на запирающий клапан. Клапан уменьшает проходное сечение трубопровода для подачи теплоносителя и снижает его расход через прибор.

Следующим шагом в направлении модернизации терморегуляторов является использование электронных конструкций. Электронные терморегуляторы обеспечивают реализацию более сложных программ регулирования, например, программирование изменения температуры в отапливаемом помещении по времени – установка пониженной температуры в период отсутствия людей в помещении либо в ночное время, повышение температуры в здании ко времени приезда людей и т.д. На рисунке 3.5 приведена схема электронного управления системой отопления в здании, на рисунке 3.6 – вид электронных термостатов с установкой температурного регулирования по времени.

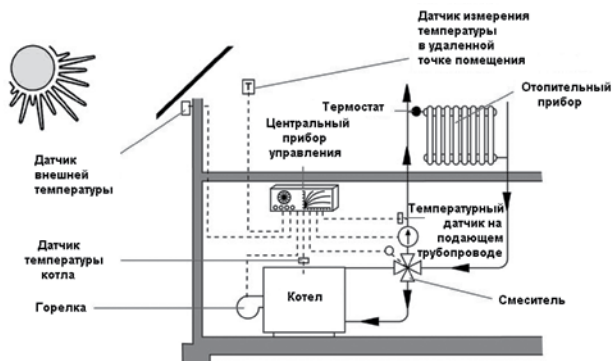


Рисунок 3.5. Схема электронного управления системой отопления в здании



Рисунок 3.6. Вид электронных приводов термостатов с установкой температуры по времени

Кроме различного исполнения подвода нагретой воды к нагревательным приборам системы отопления могут отличаться естественной и принудительной циркуляцией теплоносителя. При естественной циркуляции вода нагревается в котле до температуры T_V 90°C и подается по трубам к нагревательным приборам, а от них вода отводится с температурой T_R 70°C. Движение воды вверх, а затем вниз по трубопроводам осуществляется за счет меньшей плотности нагретой воды по сравнению с остывшей (рисунок 3.7).

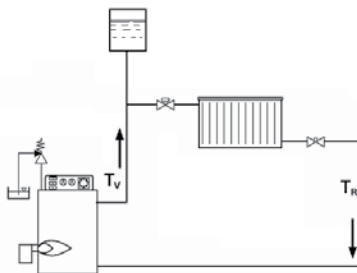


Рисунок 3.7. Отопительная система с естественной циркуляцией

Для обеспечения достаточных скоростей циркуляции трубопроводы должны иметь значительные диаметры, а высота здания не должна быть чрезмерной. Такие отопительные системы, как правило, применяются в зданиях высотой до 2-х этажей. Кроме того, возможности по регулированию расхода теплоносителя в трубопроводах также очень ограничены. По этим причинам данные системы отопления вытесняются более совершенными с принудительной циркуляцией воды за счет использования насосов (рисунок 3.8).

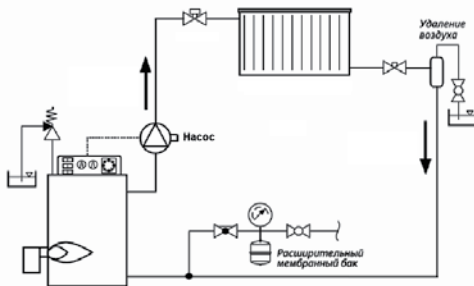


Рисунок 3.8. Отопительная система с принудительной циркуляцией

В системах с принудительной циркуляцией движение теплоносителя обеспечивается центробежными насосами, которые монтируются на обратном магистральном трубопроводе перед водонагревателем или котлом или на подающем трубопроводе (рисунок 3.8). Вследствие использования насоса скорость циркуляции воды значительно выше, чем в конвективной системе, поэтому диаметры труб значительно меньше, что снижает материалоемкость системы. Также использование принудительной циркуляции позволяет снизить температуру подаваемого теплоносителя с 90°C до 70°C, а в обратном трубопроводе до 55°C, что увеличивает эффективность использования теплоты. Еще один аспект связан с возможностью регулирования подачи теплоты в системе. В циркуляционной системе вместе с использованием термостатов регулирование подачи теплоты может осуществляться и изменением подачи насоса.

Циркуляционные насосы систем отопления могут потреблять значительное количество энергии. Поэтому применение усовершенствованных моделей насосной техники в этих системах может дать значительное сокращение энергопотребления зданием. На рисунке 3.9 показаны диаграммы годового потребления электроэнергии рядом бытовых электроприборов включая циркуляционный насос отопления. Как видно из рисунка, насос может выйти на первое место по потреблению электроэнергии в быту среди электроприборов. Насосы, используемые в административных и общественных зданиях (например, в школах), более мощные, чем в односемейных домах, и поэтому потребляют еще больше энергии.



Рисунок 3.9. Сравнительная характеристика энергопотребления циркуляционных насосов и бытовых электроприборов

Для иллюстрации принципа работы циркуляционной регулируемой системы отопления приведена схема на рисунке 3.10.

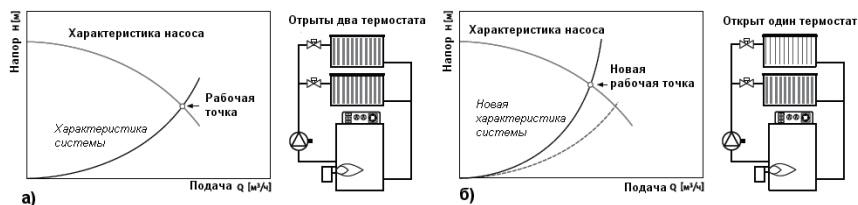


Рисунок 3.10. Принцип работы центробежного насоса в регулируемой системе отопления

На схеме (а) показана работа насоса в системе, когда термостаты открыты на всех нагревательных приборах. Максимальное потребление теплоты является расчетным для системы отопления, и насосы подбираются исходя из такого режима работы. Кроме характеристики центробежного насоса (кривая направленная вниз), на рисунке приведена характеристика системы отопительных трубопроводов (кривая направленная вверх). Характеристика системы показывает зависимость гидравлического сопротивления трубопроводов от расхода воды, перекачиваемой через них. Учитывая, что гидравлическое сопротивление труб пропорционально скорости течения воды в квадрате, то кривые имеют форму параболы. Точка пересечения характеристик насоса и системы определяет, в каком режиме работает насос, сколько воды он подает в систему и сколько электроэнергии при этом потребляет. Как правило, для этой рабочей точки подбирается зона максимального КПД насоса.

В случае если один или несколько термостатов перекрываются (например, при желании понизить температуру в помещении), то расход теплоносителя в нагревательный прибор снижается (схема б). Вследствие этого гидравлическое сопротивление системы возрастает, и рабочая точка перемещается по графику в левую часть характеристики насоса. Учитывая меньшее значение КПД в этой области, насос начинает потреблять больше энергии, которая тратится нерационально на преодоление дополнительных гидравлических сопротивлений в системе отопления. Описанный режим работы относится к случаю применения так называемых стандартных марок циркуляционных насосов с фиксированными частотами вращения электродвигателя (рисунок 3.11).

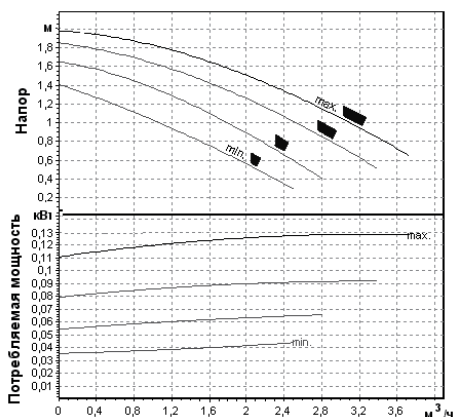


Рисунок.3.11. Характеристика и вид стандартного четырехступенчатого циркуляционного насоса

Стандартные насосы выпускаются одно- и многоскоростными (2,3,4- ступенчатыми). В многоскоростных насосах предусмотрено ручное переключение скоростей вращения электродвигателя (рисунок 3.11). Переключение скорости вращения позволяет вручную частично регулировать подачу и напор насоса.

Значительно более широкие возможности по регулированию подачи насоса и напора предоставляет применение электронных насосов, имеющих встроенные частотные преобразователи. За счет бесступенчатого изменения скорости вращения такие насосы имеют широкие возможности по гибкой адаптации режима работы насоса в зависимости от условий работы системы отопления (рисунок 3.12).

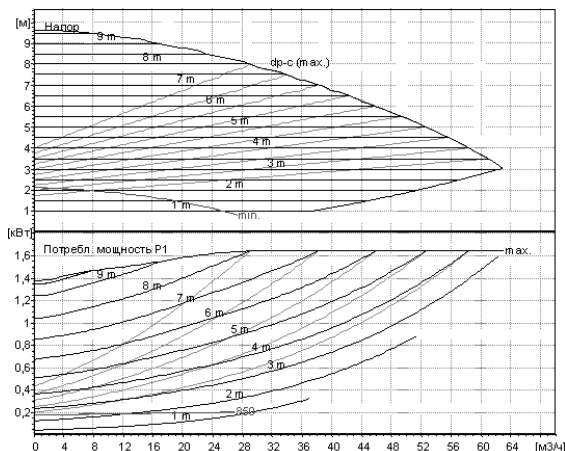


Рисунок 3.12. Характеристики и вид электронного циркуляционного насоса с двигателем ЕСМ

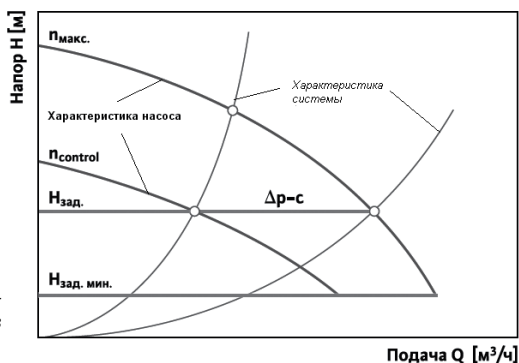


Рисунок 3.13 Принцип работы электронного центробежного насоса в системе отопления

Настройки электронного регулятора позволяют обеспечивать постоянный перепад давлений в системе отопления при изменении расхода перекачиваемой жидкости или снижать величину перепада давления в системе при снижении подачи. В последнем случае может достигаться более резкое снижение энергопотребления насоса при уменьшении тепловой нагрузки на систему отопления.

Еще один возможный принцип бесступенчатого регулирования, который может быть реализован такими насосами, это регулирование по температуре подаваемой жидкости. Частотный преобразователь адаптирует работу насоса в зависимости от температуры воды в напорном патрубке насоса. При снижении температуры воды ниже установленной сигнал от датчика температуры поступает в электронный блок, и частотный преобразователь увеличивает скорость вращения насоса, таким образом, увеличивая расход теплоносителя через теплообменник и повышая температуру воды в циркуляционном контуре. Также температурный контроль может осуществляться при установке температурных датчиков на всасывающем патрубке насоса и на обратном трубопроводе циркуляционной отопительной системы. В данном случае анализируется перепад температур и производится изменение скорости вращения насоса исходя из полученной информации. Для экономичной работы при небольших нагрузках в системе насос оборудован автоматической функцией снижения производительности (так называемая система «Автопилот»). При достижении определенного нижнего значения температуры воды в системе отопления, например, при снижении температуры на входе регулятором, реагирующим на изменение внешних метеословий, насос переводится на меньшее постоянное число оборотов.

Еще более выдающиеся результаты по энергосбережению можно получить при использовании в системах отопления электронных насосов с ЕСМ-двигателями. В отличие от стандартных или электронных насосов с асинхронным двигателем, насосы такого типа оснащены синхронным двигателем, выполненным по технологии ЕСМ (рисунок 3.13). Такие электронно-коммутируемые двигатели предусматривают электронное переключение обмоток статора с необходимой переменной электрических и магнитных полей в зависимости от положения ротора двигателя. Ротор двигателя оснащен постоянными магнитами, а токопроводящий статор отделен от перекачиваемой жидкости разделительным стаканом из диэлектрического материала, что позволило снизить потери магнитного потока, проходящего между ротором и статором. Такое исполнение двигателя обеспечило увеличение скоростей вращения свыше 4000 оборотов в минуту, что уменьшило габаритные размеры насосных агрегатов.

Все указанные инновации позволили существенно повысить КПД насоса и снизить годовой расход электроэнергии в сравнении со стандартными насосами до 80%.

Дальнейшим развитием систем отопления можно считать переход от регулирования потока теплоносителя термостатами к применению децентрализованной циркуляции. В такого рода системах вместо клапанов-термостатов, регулирующих распределение теплоты в здании, используются несколько мини-насосов, монтируемых непосредственно на трубопроводах около отопительных радиаторов (рисунок 3.14).



Рисунок 3.14. Вид мини-насоса, смонтированного на трубопроводе у радиатора

Благодаря регулированию подачи теплоносителя мини-насосами отопление становится более мобильным (рисунок 3.15). Из-за отсутствия запорно-регулирующей арматуры (вентилей) рассматриваемая система имеет меньшие гидравлические сопротивления, и соответственно, более низкое, в среднем на 20% энергопотребление.

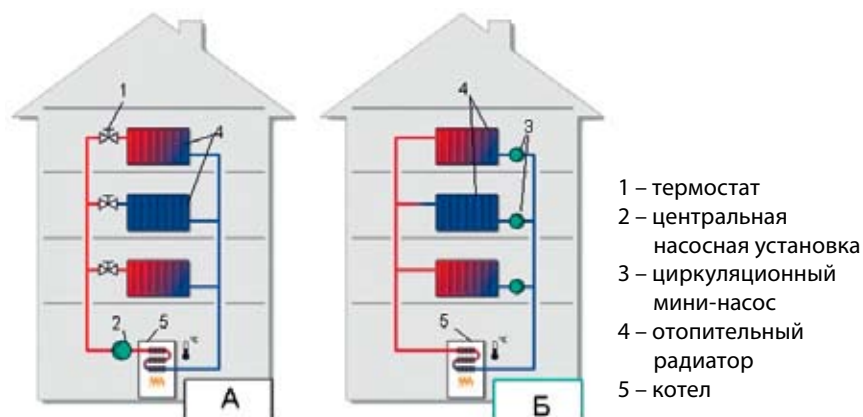


Рисунок 3.15. Сравнительная схема традиционного отопления (А) и децентрализованной системы без термостатов (Б)

Важным элементом систем отопления, модернизация которых обеспечивает существенное повышение эффективности использования топлива, является котельное оборудование. Потери теплоты непосредственно в котлах у моделей выпуска 70-80х годов составляли 35-40%, а у современных марок котельного оборудования – всего 10-15%. Теплотери существенно снижены за счет использования теплоизоляции и снижения температуры выхлопных газов.

Применение конденсатных котлов позволяет использовать дополнительно теплоту, выделяющуюся при конденсации пара в дымовых газах при теплообмене с воздухом, поступающем в котел (рисунок 3.16).



Рис 3.16. Схемы работы низкотемпературного (а) и конденсатного котлов (б)

На работу систем отопления также влияет устройство нагревательных приборов. Нагревательные приборы являются одним из основных элементов системы, осуществляющих передачу тепла от теплоносителя в помещения здания. К ним предъявляется целый ряд требований – теплотехнических, санитарно-гигиенических, эстетических. До настоящего времени наиболее распространенными нагревательными приборами являются чугунные радиаторы и ребристые трубы. Используются также бетонные греющие панели со встроенными нагревательными элементами, приборы с гладкой поверхностью, калориферы, ребристые трубы и конвекторы. Существуют также определенные требования к монтажу нагревательных приборов. Чем более свободный доступ воздуха к радиаторам обеспечивается, тем выше теплоотдача от прибора к обогреваемому воздуху. При устройстве различных декоративных элементов, перекрывающих поступление воздуха к нагревательным приборам, ухудшаются теплотехнические характеристики систем отопления. И чем больше степень перекрытия, тем больше потери (рисунок 3.17).

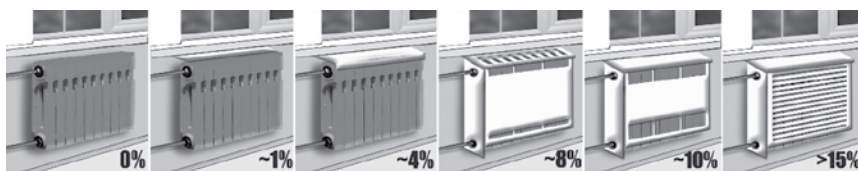


Рисунок 3.17. Снижение теплопередачи от радиаторов вследствие их ограждения

Ограждение нагревательных приборов в системах отопления школ имеет довольно широкое распространение (рисунок 3.18). Кроме того, существуют требования устройства оградительных стенок на радиаторах отопления для исключения прямого контакта учеников с горячими поверхностями.



Рисунок 3.18. Ограждение радиаторов отопления в школьных помещениях

4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМАХ ЗДАНИЙ

Средняя продолжительность времени с прямым солнечным излучением в Беларуси составляет 1800 часов в год, при поступлении солнечной радиации на горизонтальную поверхность 980-1180 кВт ч/м² год, что близко к аналогичным значениям у стран Западной Европы, расположенных между 50 и 60 северной широты, где использование солнечной энергии широко распространено.

Одно из направлений пассивного использования энергии солнца в здании – это поглощение излучения стенами и через остекленные участки. Одним из примеров такого здания в Минске является Международный образовательный центр IBV (пр. газеты Правда 11).

Для усиления эффекта поглощения солнечного излучения зданиями разработаны специальные покрытия для наружных стен, которые представляют собой слой из волокнистого материала. Стенки волокон являются оптически проницаемыми для солнечного света, а подложка обладает высоким поглощающим эффектом. Использование такого рода покрытий позволяет увеличить поглощение и повысить долю использования энергии солнца.

Такой же принцип применяется при строительстве зданий с теплоаккумулирующей стеной расположенной за остеклением. Значительная тепловая инерционность строительных материалов позволяет использовать накопленное тепло в ночное время и при снижении солнечной активности. Аналогичным образом устройство термоизолирующих элементов на крышах зданий позволяет снизить тепловое воздействие на здание летом в дневное время и использовать часть теплоты в ночное время и таким образом выровнять перепады температур в помещениях (рисунок 4.1).

Еще большая часть солнечного тепла используется при устройстве в теплоаккумулирующих стенах конвекционных каналов и подключении их к системе вентиляции.

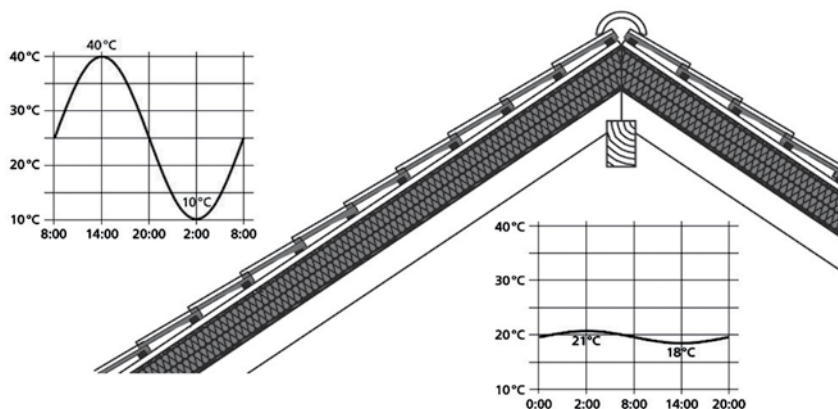


Рисунок 4.1. Сдвиг температуры в помещениях по сравнению с температурой окружающего воздуха при использовании термоизолирующих элементов

Солнечная энергия кроме так называемого пассивного использования при инсоляции зданий может использоваться в специальных установках для получения электроэнергии или тепловой энергии. В последнем случае полученная тепловая энергия используется для нагрева воды в системе горячего водоснабжения или отопления.

Простейшим накопителем энергии является емкость, заполненная водой. При этом открытые и неизолированные емкости имеют минимальную эффективность, применение термоизоляции увеличивает эффективность аккумулирования энергии. Для дополнительного повышения производительности солнечных установок они выполняются с циркуляцией теплоносителя.

Современные конструкции коллекторов для получения тепловой энергии из солнечной представляют собой плоскостные термоизолированные или вакуумные конструкции.

Плоскостные установки представляют собой конструкцию с прозрачной крышкой и плоским элементом-адсорбером в нижней части, поглощающим солнечное излучение. Отведение тепла от коллектора производится за счет циркуляции жидкости теплоносителя через систему трубок, установленных под элементом-адсорбером (рисунок 4.2).

Плоскостной солнечный нагреватель

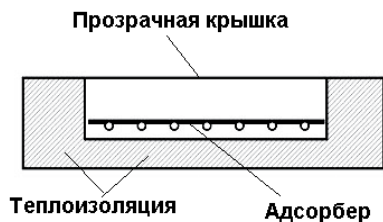
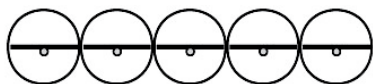


Рисунок 4.2. Схема и вид плоскостной солнечного коллектора

Вакуумные солнечные установки (рисунок 4.3) состоят из набора цилиндрических стеклянных элементов, в полости которых создается вакуум. Внутри элемента установлен адсорбер, к которому по трубкам подводится и отводится теплоноситель. Один трубопровод подводит теплоноситель к нагревательным элементам, другой – отводит. За счет вакуума снижаются тепловые потери коллектора в сравнении с плоскостными нагревателями.

Вакуумный солнечный коллектор



- Система из стеклянных труб
- Адсорбер смонтирован внутри
- трубы с последующим вакуумированием

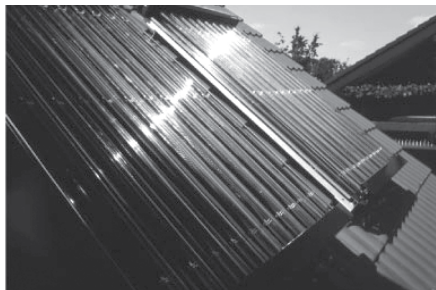
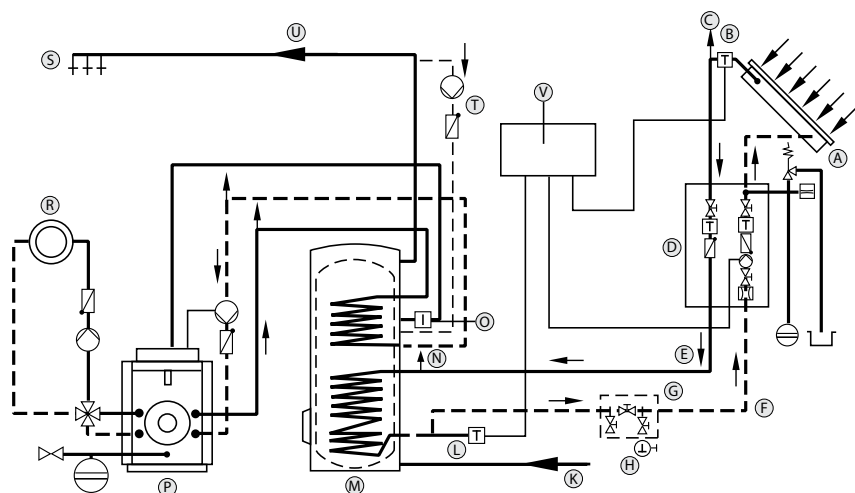


Рисунок 4.3. Схема и вид вакуумного солнечного коллектора

Циркуляция теплоносителя в таких установках обеспечивается специальными циркуляционными насосами. Полученная тепловая энергия в солнечных нагревателях поступает по замкнутым контурам к водонагревателям. Учитывая то, что получение высокотемпературного нагрева воды с использованием только солнечной энергии невозможно, как правило, солнечные установки используются в комбинированных системах с газовыми или другими типами нагревателей как первая ступень подогрева.

Установки для нагрева воды с использованием солнечной энергии могут функционировать, используя различные схемы. На рисунке 4.4 представлена схема системы горячего водоснабжения на базе двухконтурного водонагревателя.



- | | |
|--|---|
| A Гелиоколлектор | N Воздухоотделитель |
| B Датчик температуры коллектора | M Емкостной водонагреватель |
| C Устройство для удаления воздуха | O Датчик температуры емкостного водонагревателя (в греющем контуре) |
| D Насосный узел коллекторного контура | P Водогрейный котел для жидкого и газообразного топлива |
| E Подающая магистраль (в контуре теплоносителя гелиоустановки) | R Отопительный контур |
| F Обратная магистраль (в контуре теплоносителя гелиоустановки) | S Точки водоразбора |
| G Узел для наполнения системы теплоносителем | T Циркуляционный насос |
| H Ручной насос для наполнения гелиосистемы | U Подача воды на горячее водоснабжение |
| K Подача холодной воды | V Прибор управления |
| L Датчик температуры емкостного водонагревателя (в контуре теплоносителя гелиоустановки) | |

Рисунок 4.4. Схема монтажа солнечной установки для системы горячего водоснабжения здания

Исходная вода подается в нижнюю часть водонагревателя и сначала нагревается нижним змеевиком, через который циркулирует теплоноситель от солнечного коллектора. Дальнейший нагрев до требуемой температуры производится через верхний змеевик за счет работы газового или жидко-топливного котла. От водонагревателя вода подается в сеть системы горячего водоснабжения. Установка оборудована устройствами контроля и управления, которые определяют температуру воды после первой ступени нагрева от солнечной энергии и соответственно требуемую интенсивность для последующего подогрева в верхнем змеевике.

На рисунке 4.5 приведен пример комбинированной установки для подогрева воды, как для системы горячего водоснабжения, так и для отопления. Водонагреватель представляет собой емкость с двумя контурами. По внутреннему контуру подается холодная вода, которая, проходя по емкости снизу вверх, нагревается за счет теплопередачи через разделительные стенки. В нижней части водонагревателя смонтирован змеевиковый нагреватель, по которому циркулирует нагретый теплоноситель от солнечного коллектора, установленного на крыше. Этот нагреватель производит первоначальный подогрев воды как для отопительного контура, так и для контура горячего водоснабжения. В свою очередь остывший теплоноситель поступает опять к солнечному коллектору.

Циркуляционным насосом системы отопления забирается вода из средней части водонагревателя и подается в котел для дополнительного нагрева до достижения температур требуемых для нормального функционирования системы отопления. Нагретая вода от котла подается в верхнюю часть водонагревателя по двум трубопроводам, где ее расход регулируется специальным краном в зависимости от требуемой температуры в контуре горячего водоснабжения.

Горячая вода из внутреннего контура водонагревателя в горячий водопровод здания подается через смеситель, к которому также подключена холодная вода по байпасному трубопроводу. После смешивания с температурой порядка 60–65°C вода подается в распределительную сеть горячего водопровода здания. Из внешнего контура водонагревателя горячая вода подается в систему отопления здания также через смеситель и перемычку для возможности регулирования температуры теплоносителя и соответственно интенсивности обогрева помещений.

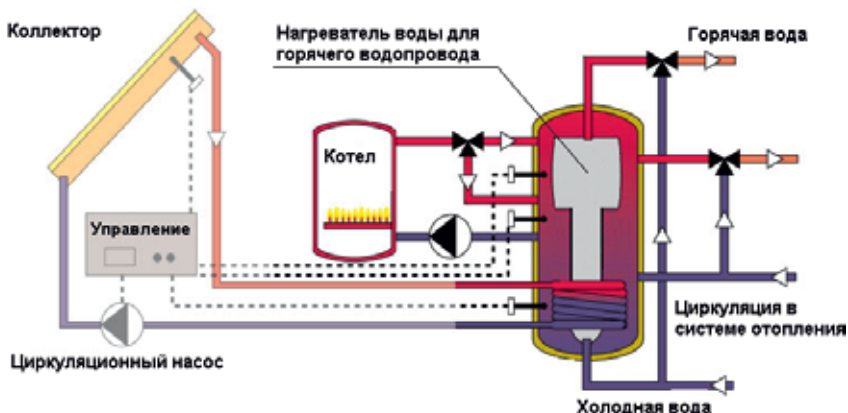


Рисунок 4.5. Схема использования солнечной энергии для подогрева воды для горячего водоснабжения и отопления с одно змеевиковым водонагревателем

Еще один вариант установки (рисунок 4.6) использует двухконтурный водонагреватель со змеевиком, смонтированным в нижней части. Змеевик подключается к циркуляционному контуру солнечного коллектора. Вода для горячего водопровода нагревается, проходя снизу вверх по внутреннему контуру водонагревателя. Как и в рассмотренной выше установке, последующий нагрев осуществляется газовым или жидко-топливным котлом. Отличие в работе данных установок заключается в подаче нагретой воды непосредственно от котла в систему отопления. Обратный трубопровод от обогревателей в помещениях подключен к нижней части водонагревателя. Остывший теплоноситель может частично поступать или в котел для нагревания, или в нижнюю часть внешнего контура водонагревателя. Расход в этой схеме регулируется в зависимости от требуемой интенсивности отопления и температуры воды в водонагревателе.

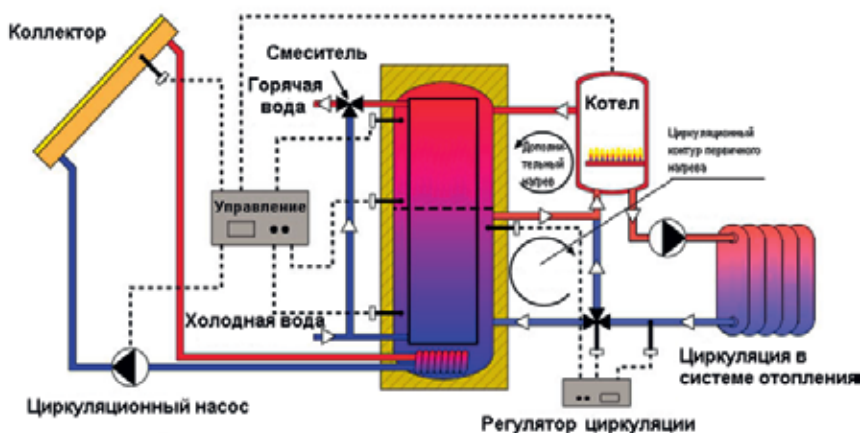


Рисунок 4.6. Схема использования солнечной энергии для подогрева воды для горячего водоснабжения и отопления с прямой подачей теплоносителя в систему отопления

Во всех схемах циркуляция воды в системе отопления отделена от циркуляции воды в системе горячего водоснабжения, поскольку требования к качеству воды в данных системах различные. Исходная вода системы горячего водопровода может образовывать отложения солей, поэтому ее попадание в отопительный контур нежелательно. Кроме того в качестве теплоносителя в отопительном контуре могут использоваться комбинированные системы, содержащие антифриз (например водно-глицеролевая смесь).

Значительный интерес вызывает и преобразование солнечной энергии в электрическую для использования в зданиях. Это может быть реализовано двумя методами: термомеханическим и фотоэлектрическим.

Первый способ основан на подогреве теплоносителя от энергии солнца с последующем получением пара, который подается в устройства для преобразования тепловой энергии в механическую и далее в электрическую. Создание потоков тепла большой мощности в таких системах производится concentra-

торами, фокусирующими солнечный свет на поверхность теплоприемника. При этом требуются значительные площади для размещения зеркальных или других оптических элементов.

В зданиях используются фотоэлектрические системы, которые представляют собой кремневые полупроводниковые фотодиоды, в которых происходит разделение положительных и отрицательных частиц при поглощении светового излучения (рисунок 4.7, 4.8). При плотности потока солнечного излучения около 1 кВт/м^2 создается разность потенциалов $0,5 \text{ В}$ и плотность тока около 200 А/м^2 , что позволяет получить напряжение 120 В с 1 м^2 поверхности солнечной батареи.



Рис 4.7. Здание, оборудованное солнечными электрическими батареями

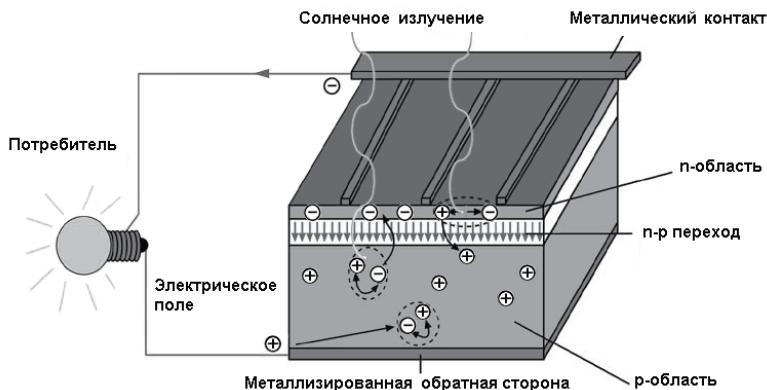


Рисунок 4.8. Принциальная схема солнечной батареи для получения электричества

Сдерживающим фактором широкого использования солнечных батарей для получения электрической энергии является более высокая стоимость получаемой энергии по сравнению с традиционными способами. Для некоторых стран такая разница составляет 400-600%. В ряде государств стимулирование использования солнечной энергии для производства электричества производится через установление повышенных тарифов при ее подаче в общественные электрические сети (рисунок 4.9).



Рисунок 4.9. Принцип подключения солнечных батарей к электрическим сетям

Ожидается, что экономическая привлекательность получения электрической энергии из солнечной будет расти по мере разработки новых поколений оборудования и снижения цен на такую продукцию.

5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМАХ ЗДАНИЙ

Тепловые насосы часто рассматриваются как альтернативный вариант теплообеспечения зданий при разработке проектов по снижению энергопотребления, поэтому мы приводим краткий обзор принципов функционирования таких систем теплоснабжения. Вместе с тем следует учесть, что целесообразность применения этих устройств обусловлена двумя факторами:

- соотношением цен на тепловую и электрическую энергию,
- условиями доступа к низкопотенциальному источнику теплоты.

Решение об использовании таких систем должно обосновываться технико-экономическими расчетами.

Тепловые насосы относятся к трансформаторам тепла, работающим по принципу обратной тепловой машины, в которой механическая работа преобразуется в теплоту. Основными элементами такой машины являются теплоприемник с

температурой T_0 , устройство преобразующее механическую работу в теплоту и теплопередающее устройство с температурой T_1 (рисунок 5.1).

Теплоприемник связан с источником тепла, а теплопередающее устройство с потребителем тепла. К рабочему веществу с помощью теплоприемника подводится теплота Q_0 , после чего рабочее вещество поступает в устройство, где принимает теплоту за счет преобразования механической работы L . Суммарное количество теплоты $Q_1 = Q_0 + L$ поступает в теплопередающее устройство и далее передается потребителю. Таким образом, согласно второму закону термодинамики, осуществляется перенос тепла от менее нагретого тела к более нагретому. При этом теплота Q_1 переданная потребителю будет больше чем затраченная работа L . Отношение указанных величин (параметр φ) называется коэффициентом преобразования и является основной характеристикой теплового насоса.

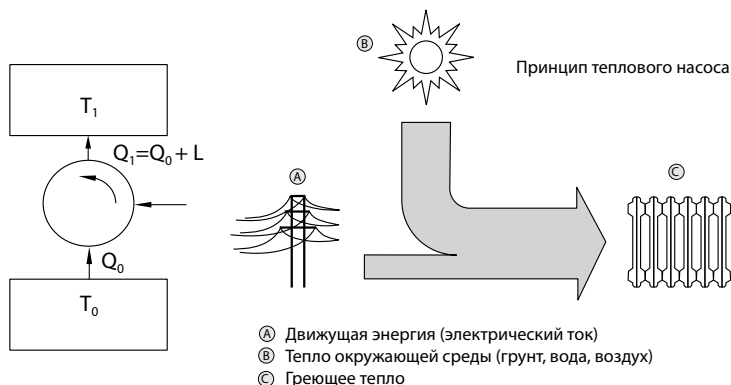


Рисунок 5.1. Принципиальная схема работы теплового насоса

По принципу работы различают компрессионные, сорбционные и вихревые типы тепловых насосов. Компрессионные тепловые насосы (рисунок 5.2) включают испаритель (теплоприемник), компрессор (преобразователь механической энергии в теплоту), конденсатор (теплопередающее устройство) и регулируемый дроссель для циклической работы теплового насоса. Рабочее вещество циркулирует в контуре и перемещается с помощью компрессора. Тепло Q_0 от источника передается рабочему веществу в испарителе, где оно из жидкого состояния переходит в газообразное и направляется в компрессор. Энергия, потребляемая приводом компрессора, преобразуется в тепловую энергию при сжатии газообразного рабочего вещества с повышением его температуры и давления. Таким образом увеличивается потенциал тепла вещества, подведенного к теплоприемнику. Далее рабочее вещество поступает в конденсатор, от которого теплота Q_1 передается потребителю. В конденсаторе газообразное рабочее вещество охлаждается теплоносителем. Температура теплоносителя ниже температуры конденсации рабочего вещества, поэтому газообразное рабочее вещество охлаждается и сжимается (конденсируется). Тепловая энергия, поступившая в испаритель из окружающей среды, и электрическая энергия, подведенная за счет работы компрессора, высвобождается в конденсаторе и передается теплоносителю. В дросселе давление рабочего вещества понижается до первоначального и цикл повторяется.

А – тепло окружающей среды,
 В – компрессор,
 С – подающая магистраль
 отопительного контура,
 D – обратная магистраль
 отопительного контура,
 E – конденсатор,
 F – редукционный клапан,
 G – испаритель

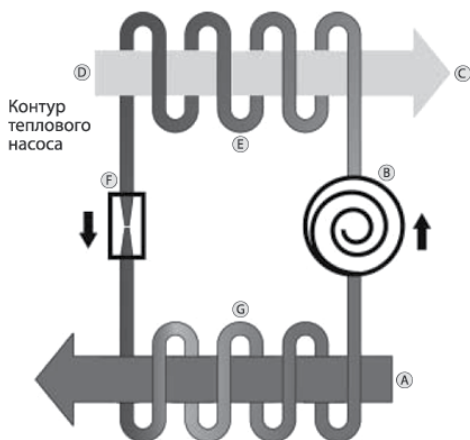


Рисунок 5.2. Схема работы компрессионного теплового насоса

Теплоотдающие и теплопринимающие среды могут быть газообразными, жидкими или твердыми, поэтому используются различные конструкции испарителей и конденсаторов. Источники тепла окружающей среды для тепловых насосов должны оцениваться по следующим критериям:

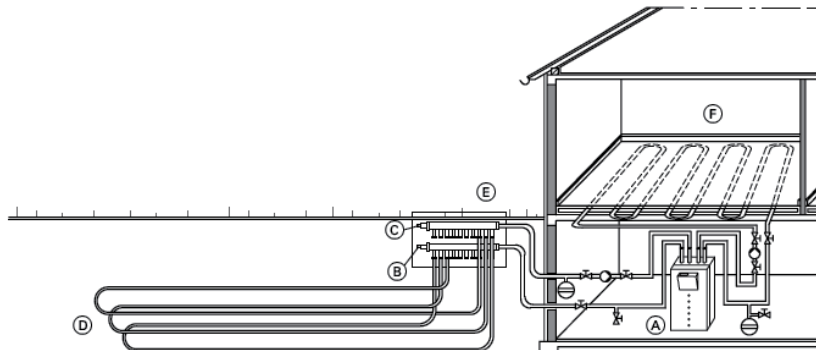
- достаточная мощность,
- максимальный уровень температуры,
- достаточная регенерация,
- низкие затраты на получение тепловой энергии.

Использование теплоты грунта. Грунт обладает способностью аккумулировать солнечную энергию в течение длительного периода времени, что обеспечивает сравнительно равномерную температуру источника тепла в течение года и достаточный КПД теплового насоса. Температура грунта в верхних слоях почвы зависит от температуры наружного воздуха и имеет сезонные изменения. Ниже глубины промерзания, данные температурные колебания в значительной мере нивелируются.

Получение теплоты из грунта может осуществляться посредством уложенных на большой площади системы полимерных труб (геотермических теплообменников) или системы вертикально расположенных теплообменников (грунтовых зондов).

Глубина горизонтальных земляных коллекторов должна быть ниже глубины промерзания, что составляет порядка 1,2-1,5 м. Длина трубопроводов не должна превышать 100 м для снижения затрат энергии на гидравлические потери при протекании жидкости по ним. Трубопроводы оборудуются запорной арматурой, а их окончания соединяются распределительными гребенками с подающей и отводящей магистралью, которые монтируются выше рабочих трубопроводов для обеспечения возможности удаления воздуха из системы. По трубопроводам циркуляционным насосом перекачивается рабочая среда (рассол), которая представляет собой смесь воды с антифризом с температурой замерзания порядка -15°C . Рабочая среда забирает тепло из грунта и перемешивает его для использования в отоплении помещений.

Временное замерзание грунта вблизи труб, которое, как правило, наступает во второй половине отопительного периода, не оказывает отрицательного воздействия на работу системы и произрастание растений. Но на участке нежелательно наличие деревьев с глубокими корнями из-за опасности повреждения трубопроводов.



А – тепловой насос, В – распределитель рабочей среды (рассола) обратная магистраль, С – распределитель рабочей среды (рассола) подающая магистраль, D – грунтовый коллектор, Е – коллекторный колодезь с распределителем рабочей среды (рассола), F – низкотемпературная отопительная установка.

Рисунок 5.3. Схема использования теплоты грунта с горизонтальными теплообменниками

Учитывая, что для устройства горизонтальных грунтовых коллекторов требуется значительная площадь, то их использование в ситуации с плотной застройкой затруднено. Альтернативой может служить применение вертикальных грунтовых тепловых зондов с глубиной 50-150 м (рисунок 5.4). В большей части случаев зонды состоят из четырех полиэтиленовых труб образующих два U-образных вертикальных зонда. Рабочая среда поступает от подводящей магистрали, направляется вниз по трубопроводам, а затем возвращается по двум другим трубам и отводится к сборному коллектору. Монтаж грунтовых вертикальных коллекторов производится при помощи буровой техники. Теплоотдача при проектировании системы вертикальных грунтовых зондов принимается 50 Вт/м.

А – Тепловой насос,
В – Распределитель рабочей среды (рассола) обратная магистраль
С – Распределитель рабочей среды (рассола) подающая магистраль,
D – Грунтовый (дуплексный) зонд,
Е – Коллекторный колодезь,
F – Низкотемпературная отопительная установка.

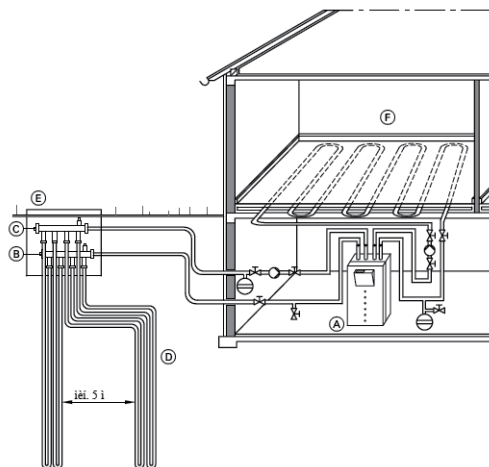


Рисунок 5.4. Схема использования теплоты грунта вертикальными теплообменниками

Получение тепловой энергии из грунтовых вод. Грунтовые воды имеют стабильную температуру порядка 10-13°C, что обеспечивает высокий КПД установки в течение всего года. Для реализации данного метода сооружаются две скважины – водозаборная и поглощающая. Вода из водозаборной скважины с температурой 10-13°C забирается насосом и подается к теплообменнику промежуточного контура, где происходит теплообмен, после чего охлажденная вода подается в поглощающую скважину. Для получения тепла может также использоваться речная или озерная вода.

- А – тепловой насос,
- В – теплообменник
- промежуточного контура,
- С – водозаборная скважина с насосом,
- Д – поглощающая скважина,
- Е – направление движения
- грунтовой воды,
- F – низкотемпературная
- отопительная установка.

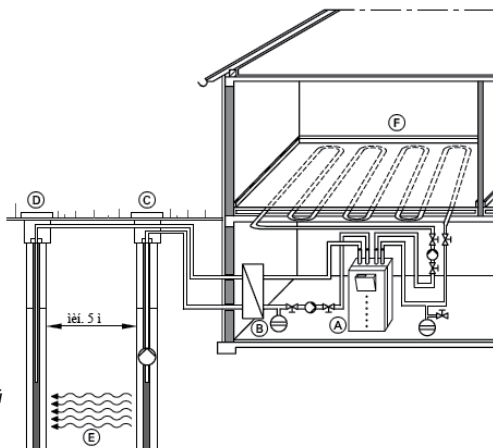


Рисунок 5.5. Схема получения тепловой энергии из грунтовых вод

Использование теплоты воздуха. Воздух как источник тепла наиболее доступен и прост в использовании и имеется в неограниченном количестве. В большинстве случаев может использоваться только наружный воздух (рисунок 5.6), использование теплоты воздуха внутри помещений, как правило, исключается. Однако это может быть целесообразным в промышленности, например, для использования тепла исходящих газов, а также при устройстве холодильных камер большой вместимости.

- А – тепловой насос,
- В – приточный канал,
- С – вытяжной канал,
- Д – низкотемпературная отопительная установка.

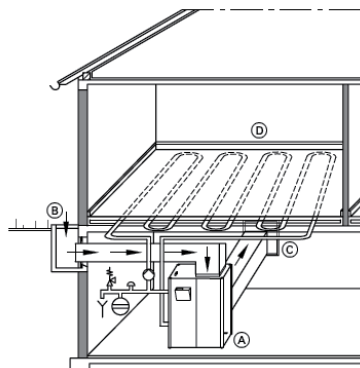


Рисунок 5.6. Схема получения тепловой энергии из воздуха

Тепловые насосы могут работать в различных режимах. Моновалентный режим предполагает, что тепловой насос обеспечивает все теплоснабжение здания в качестве единственного генератора тепла. В данном случае система распределения тепла в здании должна иметь температуру теплоносителя ниже температуры теплового насоса. Бивалентный режим работы заключается в наличии в здании двух теплогенераторов, т.е. тепловой насос комбинируется с котлами на твердом, жидком либо газообразном топливе. Отношение полезной тепловой энергии к количеству энергии, сообщенной системе за счет работы компрессора, оценивается коэффициентом мощности теплового насоса

$$\varepsilon = \frac{Q_{\text{HT}}}{P_{\text{HT}}} \quad (5.1)$$

где Q_{HT} – текущее значение передаваемой тепловым насосом энергии, кВт,
 P_{HT} – текущее значение энергии, затрачиваемой на работу компрессора, кВт.

Следует учитывать, что чем ниже разность температур между источником тепла и теплопотребляющей установкой, тем выше коэффициент мощности. Для его повышения рекомендуется использовать низкотемпературные системы отопления при моновалентном режиме работы (напольное отопление с температурой теплоносителя 35°C) или применять бивалентный режим работы установок. При этом количество энергии, подаваемое тепловым насосом, может превышать в 3-5 раз энергию, потребляемую компрессором.

Отношение полезного тепла, переданного тепловым насосом за год, к общему количеству электричества, затраченному на эксплуатацию установки, называется коэффициентом использования:

$$\beta = \frac{Q_{\text{HT}}}{W_{\text{HT}}} \quad (5.2)$$

где Q_{HT} – количество тепла, переданное теплонасосной установкой за год, кВт ч;
 W_{HT} – электрическая энергия, затраченная на работу установки в течении года, кВт ч.

Следует учесть, что кроме работы компрессора, электрическая энергия требуется для обеспечения работы циркуляционных насосов в контурах рабочей жидкости, внешнего теплоносителя и т.д.

6. ЭНЕРГО- И РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Эксплуатация систем водоснабжения и водоотведения зданий также имеет большой потенциал для снижения потерь и нерационального расходования ресурсов и энергии. Первый шаг в данном направлении – это введение учета потребления воды. Установка водомеров технически сама по себе не сокращает расход воды, однако создает условия для оценки уровня водопотребления и приводит к более осознанному отношению потребителей. В учреждениях образования учет расхода воды – это также элемент контроля уровня потребления, позволяющий увидеть скрытые утечки воды, когда они становятся значительными.

Для снижения расхода воды используются такие простейшие устройства как аэраторы (рисунок 6.1), которые создают вместо струи воды из кранов поток водо-воздушной смеси с преимущественной долей воздуха. Они позволяют существенно экономить ресурсы. Установка регулируемых аэраторов может производиться путем замены крана или присоединения таких устройств к изливу существующих санитарных приборов.

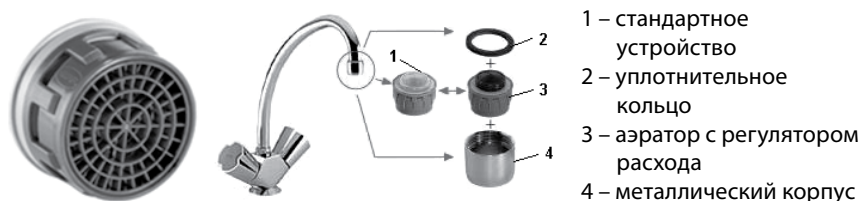


Рисунок 6.1. Вид и схема установки аэратора на смеситель

Снижение непроизводительных расходов воды может обеспечиваться гидравлической оптимизацией во внутреннем водопроводе зданий, которая осуществляется установкой редукционных клапанов на отводящих трубопроводах от стояков к приборам. Они поддерживают в трубопроводах давление на уровне оптимальных значений. Поскольку расход воды из приборов пропорционален давлению в подводящих трубопроводах, то снижение избыточного давления в трубопроводах на нижних этажах здания уменьшает расход воды.

Теплоизоляция трубопроводов водоснабжения в здании – как горячих, так и холодных – также позволяет добиться более рациональной эксплуатации технических систем здания. Если при теплоизоляции трубопроводов горячего водопровода предотвращаются потери тепла и остывание воды, то теплоизоляция труб холодной воды позволяет минимизировать конденсацию влаги на них и нагревание воды в них (рисунок 6.2). Кроме того, повышение температуры воды в холодном водопроводе выше 25°C и снижение температуры воды в горячем водопроводе ниже 40°C увеличивает риск возникновения микробиологических загрязнений в воде, например, легионеллеза. В связи с этим в нормативных документах, регламентирующих устройство систем водоснабжения зданий, содержатся требования по термоизоляции трубопроводов.

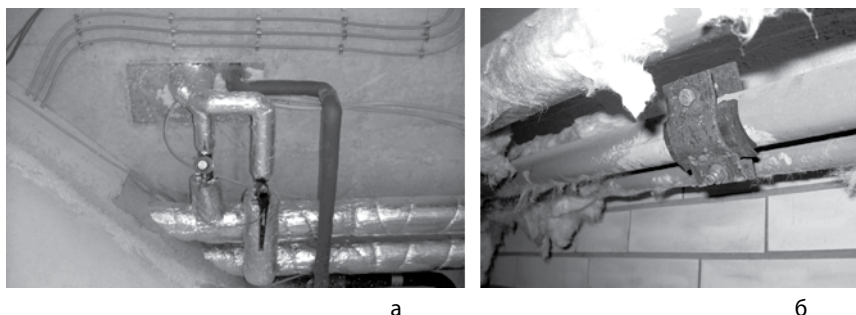


Рисунок 6.2. Примеры термоизоляции трубопроводов: а – качественной, б – некачественной

Использование современной насосной техники для водоснабжения и водоотведения зданий, как и для систем отопления, позволяет значительно снизить потребление электроэнергии для работы повысительных насосных станций, циркуляционных насосов горячего водоснабжения, установок водоотведения. Более подробно с эффективным применением насосов можно ознакомиться в главе 3 данного пособия о системах отопления зданий.

Еще одно направление, позволяющее снизить расходы питьевой воды, – это использование дождевой воды в тех случаях, когда это возможно. Перспективность данных мероприятий в Республике Беларусь традиционно относят к категории, не заслуживающей серьезного рассмотрения. Принято считать, что наша страна достаточно обеспечена водными ресурсами и в отличие, например, от Африки здесь нет необходимости заниматься сбором и использованием дождевой воды. Хотя очевидно, что в отличие от пустыни Сахары дождей на территории Беларуси выпадает больше, и этим пользуются владельцы дачных участков, собирая дождевую воду для полива посадок.

Более широкое использование дождевой воды для хозяйственно-бытовых целей в европейских государствах обуславливается высокой ценой питьевой воды из централизованного водоснабжения. В таких условиях применение дождевой воды для смывных бачков туалетов, полива и других потребностей, где может быть использована вода не питьевого качества, выгодно экономически. Кроме того, в ряде государств в рамках программ по сокращению потребления питьевой воды стимулируются мероприятия по использованию дождевой воды через льготы по налогам или компенсации для приобретения соответствующего оборудования.

Обычно рациональность использования дождевой воды в наших условиях рассматривается только с позиций ресурсосбережения как возможность сокращения забора воды из централизованных систем водоснабжения или из природных источников. Следует отметить, что ряд дополнительных преимуществ не принимается во внимание, в частности снижение затрат энергии на подачу воды, уменьшение объемов отводимых сточных вод. Известно, что любой ресурс – это также и энергия, затраченная на его получение. Питьевая вода – ресурс, который требует значительных затрат энергии на его добычу и доставку к потребителям. При использовании классической для условий Республики Беларусь схемы водоснабжения с подачей воды из подземных источников затраты энергии на 1 м³ воды в два раза выше нежели при использовании заводских установок для сбора и применения дождевой воды.

При снижении забора воды из централизованных систем водоснабжения и использовании определенного объема дождевых вод, на этот же объем снижается суммарное водоотведение в системы хозяйственно-бытовой и дождевой канализации. Таким образом уменьшается потребление энергии на перекачку и обработку сточных вод (рисунок 6.3). Особенно ощутимый результат это может дать промышленным предприятиям, занимающим большие площади, где использование дождевой воды может быть весьма эффективно для снижения платежей за водоотведение. Как известно, предприятия оплачивают услуги по водоотведению в системы дождевой канализации на основе данных инструментального учета объемов водоотведения или при отсутствии такого учета в зависимости от площади территории предприятия.

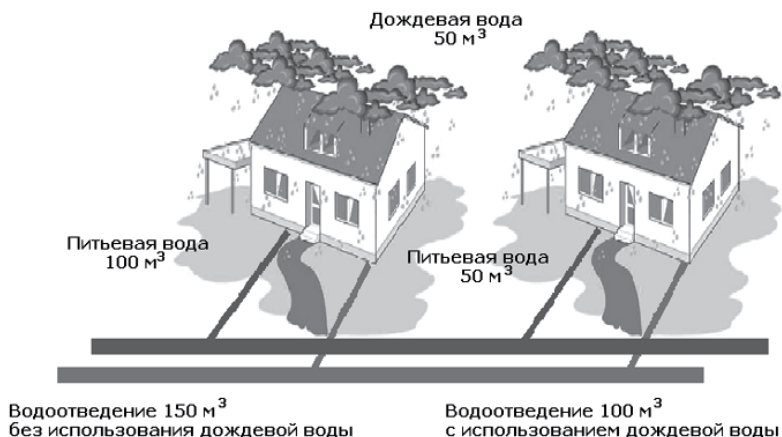


Рисунок 6.3. Варианты водоотведения при использовании систем сбора дождевой воды и без них

К тому же для промышленных предприятий в большинстве случаев существует больше возможностей для применения дождевой воды на технические нужды. Помимо смывных бачков, она может использоваться для подпитки оборотных систем охлаждения, установок для мойки транспорта и других потребностей.

Существуют возражения в части сложности обустройства и эксплуатации санитарно-технических систем производственных зданий с питанием водой из различных источников, однако уже сейчас известны примеры использования речной воды на белорусских предприятиях для водоснабжения туалетов с устройством раздельной подачи воды питьевого и технического качества во внутреннем водопроводе зданий. Мотивом такого решения становится снижение оплаты за питьевую воду из централизованной системы водоснабжения города. Так, в среднем на территории Беларуси выпадает около 700 мм осадков в год, что означает возможность получения около 700 л воды с 1 м² поверхности кровель зданий и других поверхностей, с которых возможен сбор относительно незагрязненной воды.

Для технической реализации сбора и использования дождевой воды к настоящему времени на рынке предлагается ряд установок и систем для применения в жилых домах, административных и производственных зданиях. В состав установок входят:

- сборные резервуары для хранения запаса воды,
- насосы для подачи воды в сеть,
- приборы контроля и автоматики,
- фильтры для очистки собираемой дождевой воды, смонтированные в виде установок заводской комплектации или в виде функциональных блоков для систем большой производительности.

На рисунке 6.4 приведен пример оборудования системы использования дождевой воды с насосной установкой, которая выполнена в виде компактного модуля подачи воды из емкостей или водоемов с помощью погружных насосов.

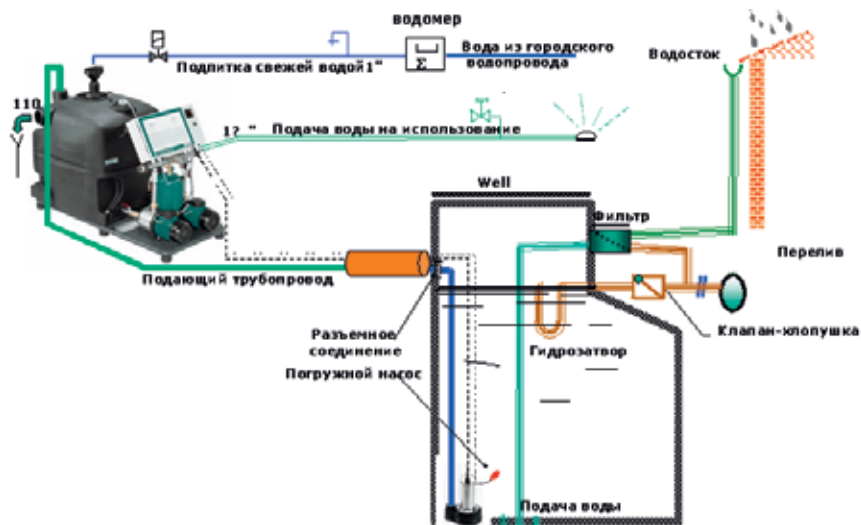


Рисунок 6.4. Пример оснащения системы сбора и использования дождевой воды с помощью насосной установки

Установка включает от двух до четырех бесшумных, многоступенчатых, центробежных насосов высокого давления, снабженных шаровыми кранами и обратными клапанами со стороны всасывающего и напорного патрубков, и мембранный бак для поддержания давления в сети. Резервуар большой емкости оборудован системой подпитки свежей водой из централизованной системы водоснабжения в случае отсутствия воды в емкости для сбора и хранения дождевой воды. Все элементы, контактирующие с перекачиваемой средой, устойчивы к воздействию коррозии. Установка оснащена системой электронного управления насосами с возможностью ручного и автоматического включения каждого насоса или каскадного попеременного включения насосов. Также есть функция тестовых пусков при простое установки, автоматического переключения на насос пиковой нагрузки или на резервный насос при неисправности.

Система сбора и использования дождевой воды кроме насосной установки включает емкость для аккумуляции воды, фильтры для очистки дождевой воды, погружной дренажный насос для подачи воды из аккумулирующей емкости, переливные клапаны, трубопроводы (рисунок 6.4). Такая система может обеспечить потребности в технической воде различных предприятий, например, станций техобслуживания автомобилей, мотелей и т.д. Рентабельность таких установок определяется ценами на воду и электроэнергию, а также размерами платежей за водоотведение дождевых сточных вод.

7. РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

Потребление энергии электротехническими приборами и устройствами может существенно различаться в зависимости от технического уровня данной продукции. Производители постоянно совершенствуют выпускаемые изделия и, как правило, снижают и уровень энергопотребления в сравнении с ранее выпускаемыми аналогами. Для обозначения уровней энергопотребления помимо количественных цифровых выражений используются и графические символы. Они показывают либо достижение какого-то установленного уровня энергопотребления у приборов, либо наличие у производителя определенных сертификатов, свидетельствующих о достигнутом уровне энергопотребления (рисунок 7.1). Или же маркировка показывает уровень потребления энергии определенным изделием по сравнению с аналогами с помощью стратификационной шкалы (рисунок 7.2). Последний вариант законодательно регламентирован в странах ЕС и известен белорусскому потребителю.



Рисунок 7.1. Примеры маркировки, указывающей на использование энергосберегающих технологий в продукции

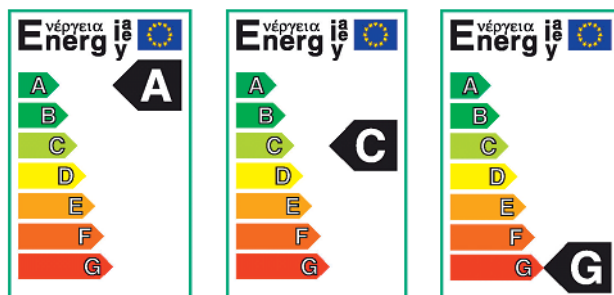


Рисунок 7.2. Стандартная маркировка уровня энергопотребления бытовых приборов

В настоящее время и в Республике Беларусь существует ряд стандартов с требованиями по определению показателей энергетической эффективности и их маркировке. В СТБ 1778-2007 «Машины посудомоечные бытовые. Показатели энергетической эффективности» приведен расчет уровня стандартного энергопотребления для такого рода продукции. Так, для машин с номинальной емкостью (S) до 9 столовых комплектов включительно величина стандартного энергопотребления в кВт рассчитывается по зависимости:

$$C_R = 0,45 + 0,09S \quad (7.1)$$

Для посудомоечных машин с номинальной емкостью (S) более 10 столовых комплектов величина стандартного энергопотребления в кВт рассчитывается по формуле:

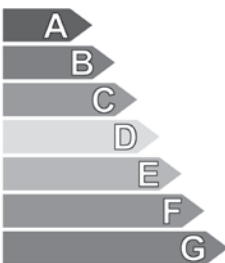
$$C_R = 1,35 + 0,025S \quad (7.2)$$

Для определения, к какому классу энергоэффективности относится то или иное конкретное изделие, используется отношение:

$$E_1 = \frac{C}{C_R} \quad (7.3)$$

где C – энергопотребление рассматриваемой посудомоечной машины, кВт;
C_R – расчетный уровень стандартного энергопотребления, определенный по формулам 7.1 и 7.2. Далее по шкале (табл.7.1) определяется класс энергоэффективности рассматриваемой машины для применения его в маркировке.

Таблица 7.1. Уровень энергоэффективности посудомоечных машин

	A	$E_1 < 0,64$
	B	$0,64 < E_1 < 0,76$
	C	$0,76 < E_1 < 0,88$
	D	$0,88 < E_1 < 1,0$
	E	$1,0 < E_1 < 1,12$
	F	$1,12 < E_1 < 1,24$
	G	$E_1 \geq 1,24$

Кроме посудомоечных машин подобные требования в национальной нормативной базе установлены и для других бытовых приборов: кондиционеров, стиральных машин, ламп, и т.д. На рисунке 7.3 приведен стандартный уровень энергопотребления и уровень, достигнутый в наиболее энергоэффективных моделях, для самых распространенных бытовых приборов (по состоянию на 2003 г). Следует учесть, что дополнительно к расходу электроэнергии в отдельных бытовых приборах учитывается и уровень потребления других ресурсов, например,

воды в посудомоечных и стиральных машинах. В процессе совершенствования стиральных машин их водопотребление снизилось в среднем с 140 л на одну стирку для моделей выпуска 1979 г до 56 л на одну стирку для моделей 1995 г выпуска. Учитывая совокупные затраты всех ресурсов, более модернизированные образцы бытовой техники имеют самую высокую эффективность.



Рисунок 7.3. Годовые значения энергопотребления наиболее распространенных бытовых приборов для стандартных моделей и лучших по энергоэффективности

Аналогичный подход используется и при оценке энергоэффективности электродвигателей. Учитывая широкое применение электроприводов в инженерных системах зданий, рациональный выбор электродвигателей в приводах (насосы, вентиляторы и т.д.) дает возможность существенного снижения энергопотребления.

Основным показателем энергоэффективности электродвигателя, является его коэффициент полезного действия (КПД), рассчитываемый по зависимости:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = 1 - \frac{\Delta P}{P_1} \quad (7.4)$$

где P_2 – мощность на валу электродвигателя, кВт;

P_1 – мощность потребляемая электродвигателем из сети, кВт;

ΔP – суммарные потери возникающие в электродвигателе, кВт.

Чем выше КПД и соответственно ниже потери, тем меньше энергии потребляет электродвигатель из сети для передачи приводу той же самой мощности P_2 .

В 2007 и 2008-м гг. Международной электротехнической комиссией (IEC) введены новые стандарты: IEC 60034-2-1 устанавливающий правила определения КПД электродвигателей и IEC 60034-30 – определяющий новые классы энергоэффективности электродвигателей. Классификация приведена в таблице 7.2.

Таблица 7.2. Классы эффективности электродвигателей

Класс эффективности	Обозначение по IEC 60034-30	Прежнее обозначение
Премиум-класс эффективности	IE3	–
Класс высокой эффективности	IE2	Eff 1
Класс стандартной эффективности	IE1	Eff 2
Класс эффективности ниже стандартной	–	Eff 3

Повышение энергоэффективности двигателей достигается следующими способами:

- применением электротехнических сталей с улучшенными магнитными свойствами и уменьшенными магнитными потерями,
- использованием изоляции с повышенной теплопроводностью и электрической прочностью,
- улучшением аэродинамических параметров для снижения потерь охлаждения вентиляторами,
- использованием высококачественных подшипников,
- увеличением точности обработки и изготовления узлов и деталей двигателя и т.д.

Для демонстрации возможностей по снижению энергопотребления в этой сфере приведем пример: при требуемой мощности на валу электродвигателя 55 кВт возможно использование целого ряда стандартных асинхронных двигателей (рисунок 7.4).

Вариант 1: класс энергоэффективности IE1: мощность $P_2=55$ кВт, частота вращения $n=2900$ оборотов в минуту, $\eta=92,4\%$, $\cos\varphi=0,91$.

Вариант 2: класс энергоэффективности IE2: мощность $P_2=55$ кВт, частота вращения $n=2900$ оборотов в минуту, $\eta=93,9\%$, $\cos\varphi=0,88$.

Несложный расчет показывает, что при эксплуатации двигателя 24 часа в сутки, 365 дней в году, потери энергии по варианту 1 составят 39420 кВт, по варианту 2 – 31536 кВт. Далее обоснованность замены двигателя на более эффективный должна определяться экономически с учетом цен на энергию.

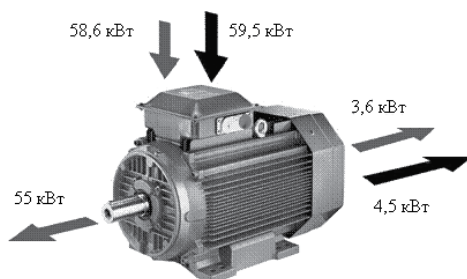


Рисунок 7.4. Сравнительное энергопотребление электродвигателя номинальной мощностью 55 кВт класса энергоэффективности IE2 (обозначения синего цвета) и IE1 (обозначения черным цветом)

Следует отметить еще один аспект, связанный с энергоэффективностью стандартных асинхронных двигателей. Наиболее существенные различия в величине КПД между электродвигателями различных классов регистрируются при небольших мощностях. С увеличением мощности двигателя эта разность уменьшается при общем повышении значений КПД (рисунок 7.5). Учитывая то, что в зданиях в большей части применяются электродвигатели малой и средней мощности, потенциал повышения энергоэффективности значителен именно в этом сегменте.

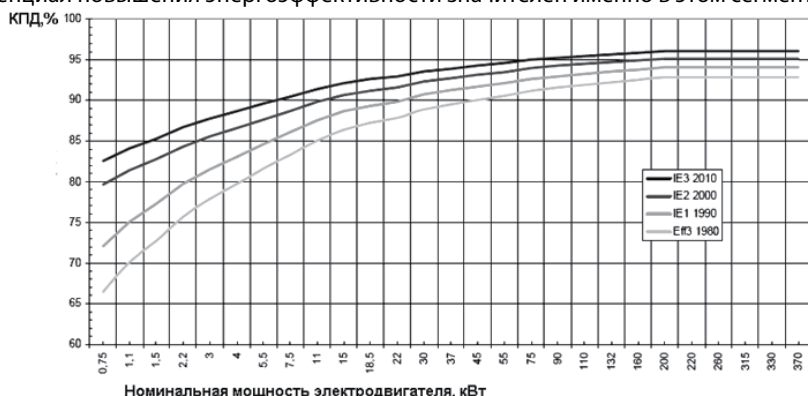


Рисунок 7.5. Уровень значений КПД для электродвигателей различных классов энергоэффективности и номинальной мощности

Следует отметить, что с ростом энергоэффективности увеличивается и срок службы двигателя, поскольку срок службы зависит от нагрева, т.е. при снижении потерь энергии уменьшается и тепловыделение.

В системах освещения зданий за последнее время разработан ряд новых типов ламп с низким уровнем потребления энергии. Искусственное освещение используется широко во всех сферах деятельности человека, как в быту, так и производственной сфере. В промышленности на освещение расходуется порядка 10% расходуемой энергии, в сфере услуг такой показатель может достигать до 25%. Основными элементами системы освещения, определяющими ее эффективность, являются арматура и светильники. Светильники характеризуется потребляемой мощностью и освещенностью поверхности, которая измеряется в люксах (лк) и рассчитывается по формуле:

$$E = \frac{\Phi}{S} \quad (7.5)$$

где Φ – световой поток излучаемый источником в единицу времени, лм;
 S – площадь освещения, м²;

Энергетическая эффективность разных видов светильников (таблица 7.3) определяется световой отдачей, которая рассчитывается как отношение освещенности к потребляемой мощности (лм/Вт).

Системы освещения характеризуются также равномерностью распределения светового потока на освещаемую поверхность, что определяет дискомфорт при использовании светильников. Качество освещения характеризуется показателем дискомфорта Δ , которое определяется по формуле:

$$\Delta = \frac{\bar{B} - B_{\min}}{\bar{B}} \quad (7.6)$$

где B – средняя яркость,
 $B_{\min}$ – минимальная яркость

Таблица 7.3. Характеристика наиболее распространенных типов электрических светильников

Тип источника света	Светоотдача, лм/Вт	Срок службы, ч
Лампы накаливания	8-18	1000
Галогенные лампы накаливания	16-24	2000
Ртутно-вольфрамовые лампы	20-28	6000
Ртутные лампы высокого давления	36-54	12000
Натриевые лампы высокого давления	90-120	12000
Металлогалогенные лампы высокого давления	70-90	12000
Люминесцентные лампы низкого давления	60-80	10000
Компактные люминесцентные лампы низкого давления	60-70	9000
Натриевые лампы низкого давления	120-180	12000

Лампы накаливания до последнего времени были наиболее используемыми в быту, что связано с их невысокой стоимостью. Эффективность таких ламп довольно низкая – около 95% энергии трансформируется в тепло, и только 5% преобразуется в свет. У люминесцентных ламп это распределение с большей долей получаемой световой энергии 20-40% и 68-80% тепловой (рисунок 7.6). Учитывая большой срок службы люминесцентных ламп, их использование вместо лам накаливания экономически выгодно.

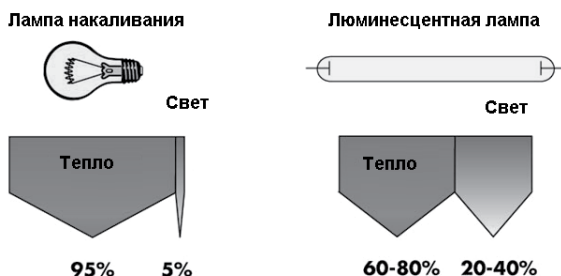


Рисунок 7.6. Сравнительный анализ трансформации электроэнергии в различных типах ламп

С разработкой и массовым выпуском электронных пускорегулирующих аппаратов (ЭПРА) появилась возможность создания более энергоэффективных светильников с компактными люминесцентными лампами, а также снижения потребления электроэнергии традиционными трубчатыми люминесцентными лампами на 20-30%. Сокращение расхода электроэнергии достигается за счет повышения частоты электропитания до 20кГц, что позволяет увеличить светотдачу с поверхности осветительного прибора и уменьшить его габариты. При этом лампа с мощностью 10 Вт обеспечивает такую же освещенность, как и лампа накаливания мощностью 50 Вт. Рациональный подход при модернизации систем освещения заключается в первоочередной замене ламп накаливания другими типами светильников в тех системах, которые работают продолжительное время. В местах кратковременной необходимости освещения использование ламп накаливания может оставаться оправданным в сочетании с датчиками движения или звука вследствие небольших отрезков времени их эксплуатации и соответственно незначительного расхода потребляемой энергии. На рисунке 7.5 представлены рекомендуемые типы светильников в зависимости от области их использования в здании.

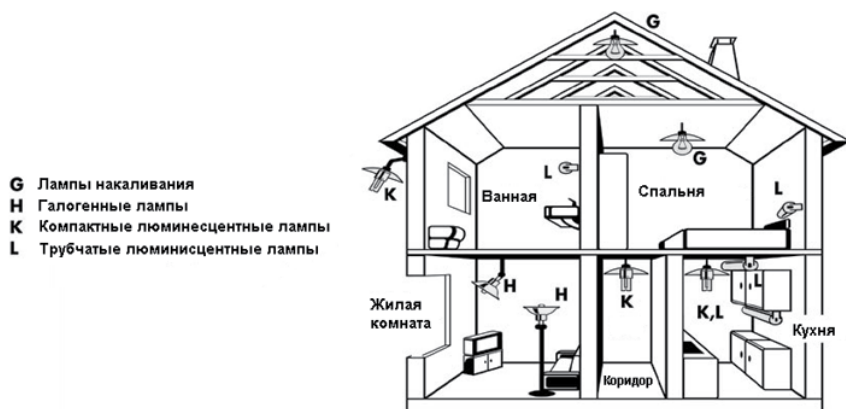


Рисунок 7.7. Рациональные области для различных типов светильников в здании

Также как и для бытовых электроприборов, используется маркировка для обозначения энергоэффективности ряда так называемых офисных приборов – компьютеров, факсов, принтеров, копировальных машин. В настоящее время такая техника широко используется в быту, поэтому провести четкий раздел между бытовой и офисной техникой затруднительно. Одной из проблем, которая зачастую выпадает из анализа на предмет затрат энергии, является потребление электроэнергии при нахождении офисной техники во включенном состоянии, когда она не используется, в так называемом спящем режиме или “Stand by”.

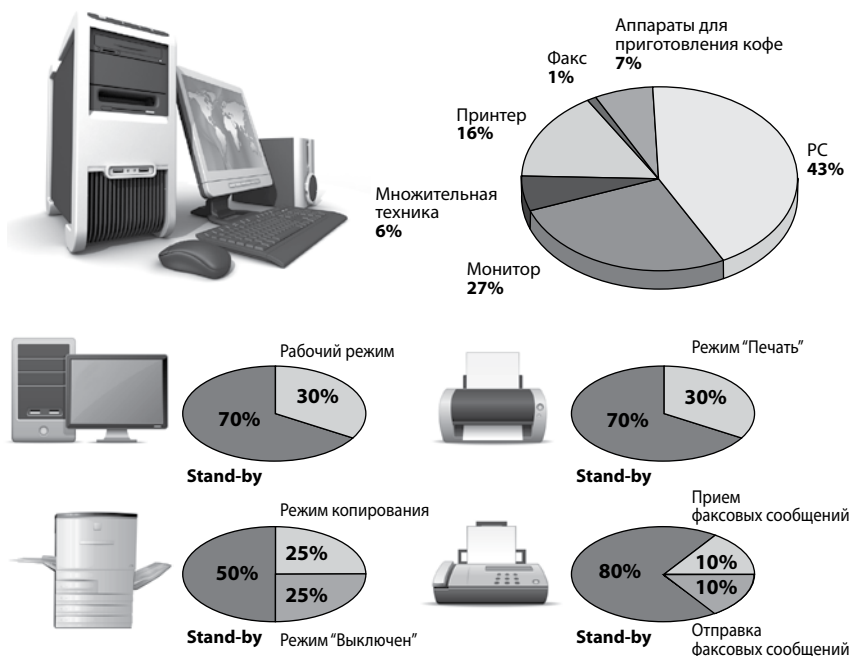


Рисунок 7.8. Энергопотребление в спящем режиме ("Stand by") у некоторых офисных приборов

Затраты энергии офисной техники в режиме "Stand by" составляют значительные величины до 20-109 кВт ч/год. На рисунке 7.8 показано энергопотребление для копировальной техники, которая находится в выключенном режиме. Данный факт объясняется наличием встроенных трансформаторов напряжения в копирах. Даже при выключении переключателя «Сеть» в положение «выключено», при нахождении электрической вилки в розетке напряжение подается на питающий трансформатор, который продолжает потреблять некоторое количество энергии. Такой же принцип характерен и для других устройств, в состав которых входят трансформаторы напряжения.

8. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫМИ СИСТЕМАМИ ЗДАНИЙ

Инженерные системы зданий, включающие энергоснабжение, отопление, вентиляцию, водоснабжение, водоотведение и освещение, рассмотренные в предыдущих разделах, по мере повышения требований к их энергоэффективности становились более сложными и требовали соответствующих систем управления. Еще 10-15 лет назад для контроля и управления инженерными системами считалось достаточным наличие простейших контрольно-измерительных приборов, а также устройств регулирования (в большинстве случаев с ручным при-

водом). По мере усложнения систем жизнеобеспечения зданий совершенствовались и устройства для их управления, например, сегодня управление системой отопления учитывает температуру наружного воздуха, наличие людей в помещении и ряд других параметров. Современные локальные системы управления должны включать ряд датчиков, устройств защиты и других механизмов.

Учитывая взаимосвязь между отдельными системами жизнеобеспечения зданий, к концу XX века строительная наука пополнилась такими новыми понятиями как «Smart home», «Intelligent Building» («умный дом»), которые обозначают новое направление в архитектуре и инженерии. Основные принципы таких зданий основаны на рациональном расходовании энергоресурсов, объединении инженерного оборудования и систем жизнеобеспечения в единый управляемый комплекс, наличие программно-аппаратных средств автоматического и дистанционного управления (т.н. интеллектуальное управление).

Главной особенностью такого типа управления является объединение отдельных систем в единый управляемый комплекс. При этом за счет интеграции информации, поступающей от всех эксплуатируемых подсистем (климат-контроля, противопожарной защиты, видеонаблюдения, системы водоснабжения и водоотведения, электроснабжения, освещения, связи и других), оперативно принимаются обоснованные решения и выполняются необходимые действия, связанные с эксплуатацией здания.

Здание должно проектироваться таким образом, чтобы все системы управления могли интегрироваться друг с другом с минимальными затратами и с обеспечением возможности наращивания и видоизменения конфигурации смонтированных систем. Принципиальная блок-схема такой системы приведена на рисунке 8.1.

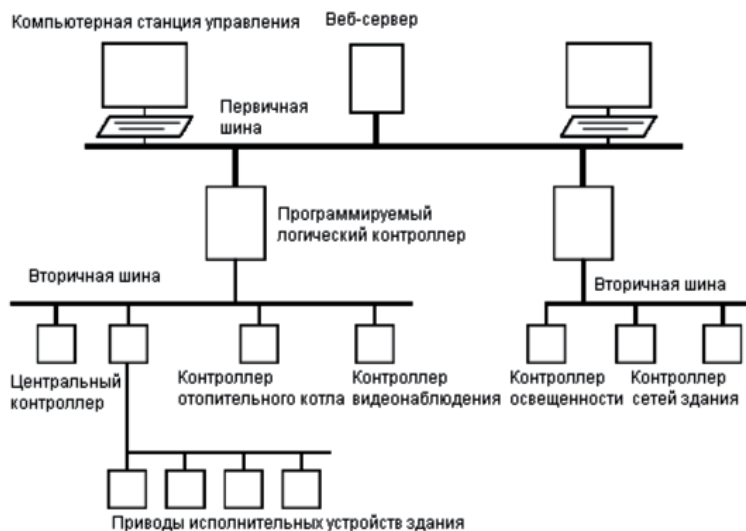


Рисунок 8.1 Принципиальная структурная схема комплексной системы управления инженерными системами здания.

Стоимость здания оснащенного такими системами управления может превышать стоимость обычного здания с традиционными системами управления на 30-100%. Однако при эксплуатации экономия может достигать 70% бюджета необорудованного здания. За счет того, что система работает на высоком уровне согласования, появляется возможность существенного снижения затрат на энергопотребление, уменьшается количество обслуживающего персонала и т.д.

Управление может осуществляться диспетчерским центром, размещенным в обслуживаемом здании или группе зданий, а также удаленно путем использования специальных линий связи или интернета.

Весьма перспективны разработки в части использовании интернет-технологий для контроля и управления. Интернет вошел в нашу жизнь как глобальная информационная среда, открывающая принципиально новые возможности. Однако до сих пор интернет-технологии не находили широкого применения в промышленности. С появлением сигнальных модемов появилась возможность управлять различными приводами дистанционно, даже на больших расстояниях. Благодаря этим устройствам организовать доступ к управлению теперь можно с любого компьютера, подключенного к сети, или с мобильного телефона. При этом гарантируется такая же безопасность удаленного доступа, как и при электронных операциях с банковским счетом.

Для иллюстрации новых возможностей в управлении приводами исполнительных устройств зданий приведем пример управления насосными установками. Современные насосы с электронным управлением – это высокотехнологичные устройства. Одной из основных задач насоса является поддержание заданных значений (напор, давление, подача и т.д.). Электронный модуль насоса осуществляет контроль частоты вращения и изменяет ее согласно текущим установкам, а также постоянно анализирует и отображает большое количество параметров – от текущего давления до сигналов о сбоях в работе отдельных узлов. Для обеспечения доступа к этой информации через интернет по наземным каналам или посредством мобильной связи в этих «интеллектуальных» насосах реализован специальный интерфейс.

Насосы, оснащенные электронными модулями связи, могут дистанционно управляться при помощи сигнальных модемов. Управление осуществляется независимо от местоположения оператора посредством мобильных сетей GSM/GPRS, телефонных каналов связи и Ethernet-сетей. Информация о параметрах и сбоях системы или неисправностях насоса может быть отправлена по SMS, факсу или электронной почте любому количеству адресатов. Отправка уведомления может происходить по наступлению заранее установленного события (например, по таймеру или при изменении контролируемого параметра) и содержать текущие значения. Длина факсимильного или электронного сообщения не ограничена. В сигнальных модемах предусмотрен механизм подтверждения получения сообщения адресатом, например, сервис-инженером, что гарантирует доставку важной информации. Если основной сервис-центр в данный момент времени недоступен, уведомление будет последовательно отправляться по заранее определенному списку адресатов до тех пор, пока кто-либо из них не подтвердит получение, сбросив тем самым индикатор, вызвавший рассылку события, и остановив дальнейшую рассылку. Таким образом, посредством программного обеспечения можно создавать цепочки адресатов с соответствующими приоритетами (с под-

держкой планировщика событий). Текущие значения всех управляющих параметров можно узнать и, при необходимости, удаленно изменить при помощи короткой команды, отправленной по SMS или электронной почте. После выполнения каждой команды предусмотрено получение подтверждения. Сигнальный модем позволяет запрограммировать до 100 текстовых управляющих команд с шестью параметрами каждая. Такой механизм обеспечивает возможность контроля и управления насоса даже без использования компьютера (рисунок 8.2).

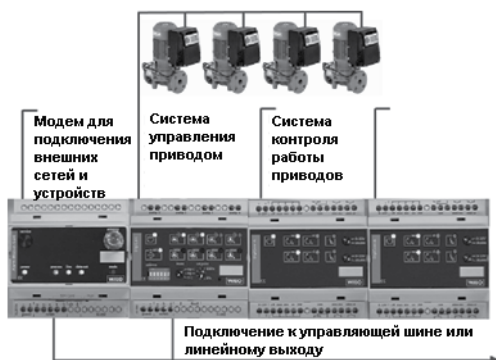


Рисунок 8.2. Пример схемы дистанционного управления насосными установками здания

Пример работы системы: В холодную воскресную ночь происходит сбой в работе насоса, установленного в помещении школы, после чего сообщение о неисправности, включая дату, время, место и тип неисправности, немедленно отправляется на мобильный телефон сервис-инженера «А». В то же самое время на компьютер школьной администрации поступает электронное сообщение о неисправности в системе отопления. Если сервис-инженер «А» не может подтвердить получение сообщения за определенное время, оно адресуется сервис-инженеру «Б» и одновременно отправляется по электронной почте производителю насоса. Эта процедура обеспечивает своевременный ремонт и подготовку школьных помещений к занятиям утром в понедельник.

9. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ И ЭНЕРГОАУДИТ ПРЕДПРИЯТИЯ, ОРГАНИЗАЦИИ, ЗДАНИЯ

Для повышения эффективности энергосберегающих мероприятий большое значение имеет не только внедрение нового оборудования, передовых технологий, но и грамотно организованное управление энергопотреблением, то есть энергоменеджмент и энергоаудит на предприятиях, в организациях и зданиях.

Энергетический менеджмент представляет собой совокупность технических и организационных мероприятий, направленных на повышение эффективности использования энергоресурсов и являющейся частью общей структуры управления предприятием. Основная задача его состоит в проведении комплексного анализа энергопотребления и на его основе – проведение энергосберегающих мероприятий на предприятии.

Основными функциями энергоменеджмента являются:

- взаимодействие с энергопотребителями предприятия (организации) и с энерго- ресурсоснабжающими организациями;
- обработка и предоставление информации об энергопотреблении по отдельным структурным подразделениям;
- подготовка предложений по энергосбережению; разработка энергосберегающих проектов и управление ими;
- проведение разъяснительно-воспитательной работы о важности и необходимости энергосбережения.

Для реализации этих функций на предприятии или организации организует-ся единая, распределенная по всем уровням система управления, информаци-онная система для оперативного контроля и управления производством и по-треблением энергоресурсов. Информация из этой системы должна поступать в блок информационного обеспечения, что позволяет оперативно выявлять и реагировать на факты необоснованного перерасхода энергоресурсов и прово-дить анализ причин возникновения таких ситуаций.

Работа по управлению энергосбережением неотделима от общего управле-ния организацией. Создание системы энергоменеджмента начинается с осозна-ния ее необходимости и закрепления такого понимания документально путем разработки положения об энергосбережении на предприятии. Как правило, та-кой документ включает:

- Декларацию энергетической политики предприятия, описывающую цели энергосбережения и задачи на каждом этапе;
- Принципы распределения обязанностей и ответственности за проведение работ по энергосбережению и порядок координации при их проведении;
- Перечень мероприятий, с указанием сроков внедрения, объема финанси-рования, ответственных лиц и исполнителей;
- Принципы финансирования энергосбережения;
- Организация системы контроля и оценки результатов.

Цели энергетического менеджмента должны быть достижимыми, реальными и соответствующими условиям эколого-экономической безопасности.

При разработке положения об энергосбережении важным моментом являет-ся организация его обсуждения во всех подразделениях. Это поможет облегчить

его введение, а само участие в разработке положения является серьезным мотивирующим фактором. Исходя из этого, прямой выход служб энергетического менеджмента к руководству предприятия является основой успешной работы по проведению энергосберегающих мероприятий на предприятии.

Энергосберегающие мероприятия выполняются по следующим направлениям:

- составление энергетического баланса всего предприятия или организации и структурных подразделений-энергопотребителей;
- проведение энергетического обследования (энергоаудита);
- мониторинг и планирование.

Энергетический аудит – это обследование предприятия, организации или здания с целью сбора информации об источниках энергии, ее удельном потреблении на единицу выпускаемой продукции (или на 1 м³ объема обслуживаемого здания), разработка рекомендаций и технических решений по снижению энергетических затрат.

Аудит является основным инструментом энергетического менеджмента. Он проводится для определения путей быстрого и эффективного снижения издержек на энергоресурсы и исключения неоправданных затрат на проведение мероприятий энергосбережения. Он может стать базой, трамплином для качественного рывка в конкурентоспособности. Однако это верно только при правильной организации проведения энергетического обследования. Главным требованием при работе с внешними энергоаудиторскими компаниями является правильная постановка целей и задач, от которых зависит, будут ли реализованы энергосберегающие мероприятия или все закончится оформлением только проектной и отчетной документации. По этим причинам важен контроль качества работы аудитора и ее соответствие целям и задачам обследования.

По результатам энергоаудита руководство предприятия должно получить:

- Оценку текущего энергопотребления с достоверными данными по объемам потребления всех ресурсов и суммам средств, затрачиваемым на них, по предприятию или организации в целом, по отдельным участкам, и их удельные величины на каждый вид продукции.

- Программу мероприятий по энергосбережению, содержащую систему мер организационного, правового и технического характера, направленных на постоянное и планомерное снижение издержек, при улучшении производственных, экономических и экологических показателей предприятия и условий труда персонала.

В программу должны быть включены как энергосберегающие мероприятия, так и меры по созданию системы энергоменеджмента: внедрение системы контроля и поощрение достижений, повышение мотивации и обучение персонала, порядок пересмотра и корректировки программы и положения.

Таким образом, энергетическое обследование может указать на перспективные направления деятельности, на основе которых необходимо организовать и проводить практическую работу по повышению энергетической эффективности предприятия.

Энергетический аудит может быть предварительным или подробным; простым или сложным; разовым, периодическим или перманентным (непрерывным).

Предварительный аудит заключается в анализе потребления энергии определенным участком за установленный промежуток времени для определения удельного энергопотребления. Подробный аудит заключается в сборе и записи полной информации о потребленной энергии на каждом участке за каждый временной период и в расчетах энергетических балансов и эффективности. Для эффективного проведения подробного аудита необходимо:

- сравнение основных показателей энергопотребления с другими предприятиями отрасли;
- обмен опытом с другими предприятиями, занимающимися производством однородной продукции.

Простой аудит состоит в определении наиболее значимых энергоэффективных мероприятий, внедрение которых позволит получить в короткое время значительный экономический эффект. При сложном аудите выявляются не только внутренние резервы экономии топливно-энергетических ресурсов, но и влияние различных внешних факторов.

Сущность разового аудита может состоять как в проверке расходования отдельных видов, так и всех энергоресурсов, потребляемых организацией в нестандартных ситуациях (слишком большой расход или, наоборот, малый, значительное отклонение фактического расхода ресурсов на единицу продукции от установленного по норме и др.). Периодический аудит проводится не реже одного раза в 5 лет, а перманентный продолжается непрерывно с целью недопущения отклонения фактических параметров от установленных нормативными документами.

Последовательность энергетического аудита включает:

- Подготовку и организацию работ.
- Сбор данных.
- Проведение обследований и измерений.
- Составление энергетического баланса.
- Оценку возможности энергосбережения.
- Разработку плана мероприятий.
- Составление отчетности.

После проведенного аудита осуществляется мониторинг и планирование необходимых мероприятий по устранению выявленных недостатков в энергопотреблении.

Проведение энергоаудита необходимо для любой организации, в которой существует необходимость контролировать энергозатраты и затраты на коммунальные услуги. Результатом аудита является получение детальной информации, как энергия закупается, распределяется и используется.

Для оценки эффективности использования энергии проводится обследование по следующим семи направлениям:

1. Состояние технического учета:

- способы учета (расчетный, приборный, опытно-расчетный);
- оснащенность приборами расхода ТЭР (электросчетчики, теплосчетчики, расходомеры газа и жидкого топлива);
- формы получения, обработки и представления информации о контроле расхода энергии по цехам, участкам, энергоемким агрегатам;
- соответствие схемы учета энергии структуре норм.

2. Состояние нормирования ТЭР:

- наличие утвержденных в установленном порядке норм расхода энергоресурсов;
- охват нормированием статей потребления энергоресурсов;
- структура норм и ее соответствие технологии и организации производства;
- динамика норм и удельных расходов за 3 предшествующие обследованию года.

3. Определение резервов экономии энергоресурсов на основании обследования энергопотребляющего оборудования, технологических процессов, состояния использования возобновляемых энергоресурсов.

4. Участие предприятия в регулировании графиков электрической нагрузки энергосистемы:

- предусматриваемые мероприятия по использованию энергоемкого оборудования в качестве потребителей-регуляторов;
- режим работы предприятия в условиях ограничения мощности энергосистемы в осенне-зимний период.

5. Перечень и краткое описание важнейших организационно-технических мероприятий по экономии топлива и энергии, намеченных на текущий год планами предприятия и рекомендуемых по результатам проведения целевого обследования.

6. Выявленные источники нерационального расходования энергии и топлива и оценки величины потерь.

7. Основные показатели, характеризующие состояние использования энергии на предприятии.

Энергетическое обследование предприятий любой формы собственности является эффективной мерой экономии энергоресурсов. По результатам аудита составляется технический отчет, в котором должны содержаться мероприятия, способствующие рациональному использованию энергоресурсов, сроки окупаемости и количественные параметры экономии, рекомендации и разъяснения по финансированию предложенных мер.

В Европейском союзе для стимулирования энергосбережения в зданиях различных форма собственности дополнительно используется такой инструмент как энергетическая сертификация зданий. Применение данного инструмента основано на положениях Директивы 2010/31/ЕС от 19 мая 2010 по энергетическим характеристикам зданий, вступившей в силу с 8 июля 2010 г.

Директива устанавливает требования:

- по общей методологии расчета обобщенной энергетической эффективности зданий и сооружений;
- минимальному уровню энергетической эффективности новых зданий и сооружений;
- минимальной энергетической эффективности существующих зданий и сооружений при реконструкции, капитальном ремонте;
- по национальным планам увеличения числа зданий с практически нулевым потреблением энергии;
- по энергетической сертификации зданий и сооружений;
- по регулярной инспекции систем отопления и кондиционирования зданий;
- по независимой системе надзора при энергетической сертификации.

Сертификация энергетической эффективности здания – регламентированный процесс, во время которого устанавливается потребление энергии, оцениваются энергетические характеристики здания с отнесением здания к классу энергетической полезности и выдачей сертификата энергетической полезности здания. Выделяются 7 классов энергетической полезности (подобно классификации электроприборов): A, B, C, D, E, F, G, где A – самый высший класс (наименьшее потребление), G – самый низкий (наибольшее потребление).

Здания, которые сдаются в аренду или выставляются на продажу в ЕС, обязаны иметь данный сертификат, который дает потенциальному арендатору или покупателю объективную информацию об эксплуатационных расходах здания, связанных с потреблением энергии. Таким образом присвоенный класс энергетической эффективности здания влияет на стоимость недвижимости и мотивирует владельцев внедрять энергосберегающие технологии.

Положения, установленные в директивах ЕС, не являются обязательными в Республике Беларусь, однако могут использоваться как методика для оценки и классификации зданий с учетом данных, полученных при энергоаудитах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При разработке энергосберегающих мероприятий следует основываться на их реалистичности и достижимости. Основой для оценки приемлемости тех или иных мероприятий являются технико-экономические расчеты, базирующиеся на учете текущего либо перспективного уровня цен на энергоресурсы. В связи с этим можно выделить определенную градацию энергосберегающих мероприятий по их доступности.

Организационные и разъяснительные.

Такие мероприятия являются необходимым этапом при разработке любых программ по энергосбережению. К их числу относится установление ответственности за перерасход потребления ресурсов, введение учета энергопотребления, контроль рациональности расходования ресурсов и т.д. При реализации такого рода мер в зависимости от текущего состояния эксплуатации и управления предприятием или зданием, как правило, достигается от 5% до 50% снижения энергопотребления. При этом указанные мероприятия являются неотъемлемым этапом для последующей подготовки более сложных технических и технологических мероприятий, поскольку только после проведения анализа можно оценить реальный уровень энергопотребления, неискаженный влиянием недостаточно компетентного управления.

Низкозатратные мероприятия.

К мероприятиям такого уровня относится ряд технических приемов, позволяющих при минимальных финансовых затратах получить ощутимые результаты в снижении энергопотребления. Примерами могут быть установка приборов учета, утепление и уплотнение элементов остекления, переоборудование отопительных систем с естественной циркуляцией в системы с принудительной циркуляцией, установка отражающих дефлекторов, замена осветительных ламп накаливания на люминесцентные, установка аэраторов на сантехническом оборудовании и т.д. Как правило, окупаемость таких мероприятий характеризуется очень короткими периодами времени и определяется простейшими расчетами. Следует учитывать также возникновение ситуаций, когда проведение такого рода мер может оказаться недостаточным. Также необходимо оценивать, будут ли в ближайшей перспективе в здании производиться более масштабные технические мероприятия по реконструкции, для которых выполненные низкозатратные мероприятия являются бесполезными. В этом случае, затраты даже небольших средств могут быть оценены как нерациональные.

Пример: летом произвели переоборудование отопительной системы с естественной циркуляцией в систему с принудительной циркуляцией, то есть смонтировали циркуляционный насос в отопительном контуре. На следующий год пришлось заменять в этом контуре старый котел на агрегат более современной конструкции, который уже оснащен циркуляционным насосом и таким образом ранее приобретенное и установленное оборудование становится невостребованным.

Среднезатратные мероприятия.

К таким действиям могут относиться мероприятия по утеплению несущих конструкций, установке герметичных окон, оснащению зданий более совершенными отопительными системами и системами вентиляции, установке двигателей более высокого класса на приводах, применению частотного регулирования на приводах, установке систем автоматизированного управления. На этом уровне проведение технико-экономических расчетов с сопоставлением различных вариантов технических решений и применяемого оборудования должно быть обязательным, основываясь на результатах обследования зданий, в том числе и данных энергоаудитов. Ряд вариантов может оказаться неприемлемым из-за больших сроков окупаемости или из-за сложностей с последующей эксплуатацией.

Высокозатратные мероприятия.

К ним могут относиться мероприятия по строительству зданий с низким уровнем энергопотребления, зданий оборудованных автономными системами жизнеобеспечения, в том числе с использованием возобновляемых источников энергии, зданий с высокотехнологичными комплексными системами управления и т.д. Учитывая более высокий уровень затрат, качество и объем проведения предварительного энергоаудита и последующего проектирования должно соответствовать уровню решаемой задачи, в том числе в части прогнозирования последующих издержек и проблем в эксплуатации таких зданий. Следует учесть также готовность служб эксплуатации к работе с такими объектами, включая требования к квалификации обслуживающего персонала и его технической оснащенности. Как и в предыдущих случаях, основным критерием возможности реализации таких проектов является их окупаемость. Зачастую ключевым фактором при решении о реализации высокозатратных мероприятий является получение экологических или иных преимуществ, например сокращение потребления теплоэнергетических ресурсов до минимума и снижение выбросов парниковых газов, энергонезависимость и т.д.

В рамках данного пособия рассмотрен ряд методов снижения энергозатрат при эксплуатации зданий. Представленные технологии не являются полным перечнем технических приемов энергосбережения в зданиях, поскольку данная тематика весьма обширна, многогранна и интенсивно развивается. По мере развития науки и техники неизбежно будут разрабатываться новые методы и оборудование, которые могут обеспечивать решение указанных задач еще с большей эффективностью. Задачей данной брошюры являлось ознакомление читателей со способами повышения эффективности использования энергии при эксплуатации зданий с применением серийно выпускаемого и доступного в настоящее время оборудования. Мы рады, если эта информация поможет читателям расширить представления о техническом прогрессе и возможностях энергосбережения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.

- 1 Экономия и Бережливость – главные факторы энергетической безопасности государства. Директива Президента № 3 от 14.06.2007.
- 2 Указ Президента Республики Беларусь №433 от 17.09.2007 «Об утверждении концепции энергетической безопасности».
- 3 Целевая программа обеспечения в республике не менее 25% объема производства тепловой и электрической энергии за счет МВТ. Постановление СМ РБ от 30.12.2004 № 1680.
- 4 ТКП 45-3.01-116-2008 (02250) Градостроительство. Населенные пункты. Нормы планировки и застройки
- 5 Основы энергосбережения: Учебное пособие М В Самойлов, В.В. Паневчик, А.Н. Ковалев Мн, БРЭУ 2004 -198.
- 6 Основы энергосбережения. Т. Г. Поспелова Мн «УП Технопринт» 2000 353 с.
- 7 ТКП 45-2.04-43-2006 «Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования» Минск 2006
- 8 Изменение к ТКП 45-2.04-43-2006 от 29.12.2008 утв. Приказом Минстройархитектуры от 29.12.2008.
- 9 ТКП 45-3.02-24-2006 Тепловая изоляция наружных ограждающих конструкций зданий и сооружений Система «Термошуба» Правила проектирования и устройства Минск 2006
- 10 ТКП 45-3.02-50-2006 Тепловая изоляция наружных ограждающих конструкций зданий и сооружений Система «Ceresit» («Церезит») Правила проектирования и устройства Минск 2006
- 11 ТКП 45-3.02-10-2005 Тепловая изоляции наружных ограждающих конструкций зданий и сооружений Система «Капатект» Правила проектирования и устройства Минск 2005
- 12 ТКП 45-3.02-9-2005 Тепловая изоляция наружных ограждающих конструкций зданий и сооружений. Система «Сэнд» Правила проектирования и устройства Минск 2005
- 13 ТКП 45-3.02-71-2007 Тепловая изоляция наружных ограждающих конструкций зданий и сооружений с использованием материалов из пеностекла. Правила проектирования и устройства Минск 2007
- 14 ТКП 45-3.02-11-2005 Заполнение оконных и дверных проемов. Правила проектирования и устройства
- 15 СТБ 939-93 Окна и балконные двери для зданий и сооружений. Общие технические условия
- 16 СНБ 1.03.07-04 Заполнение оконных и дверных проемов. Производство работ
- 17 СТБ1108-98 Окна и балконные двери из поливинилхлоридного профиля. Общие технические условия
- 18 СТБ1476-2004 Строительство. Заполнение оконных и дверных проемов. Методы определения точности установки окон и дверей в проемах
- 19 СТБ1477-2004 Строительство. Заполнение оконных и дверных проемов. Метод определения прочности крепления окон и дверей в проемах

- 20 Восстановление окон для сохранения окружающей среды Методическое пособие по утеплению деревянных окон.
- 21 www.technopark.by
- 22 Klaus Michael, Gudrun Heitmann und Heike Scharping Baupraxis
- 23 Niedrigenergie-Hauser in NRW NEH-LIT Ver 23/07/98
- 24 ГОСТ 30494-96 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. М. 1996
- 25 СНБ 2 0101-93 «Строительная теплотехника»
- 26 Володин В.И. Энергосбережение. БГТУ 2001
- 27 Рей Д., Макмайл Д. Тепловые насосы: Пер. с англ. - М.: Энергоиздат, 1982. - 224 с.,
- 28 СТБ 1778-2007 «Машины посудомоечные бытовые. Показатели энергетической эффективности» Минск 2007
- 29 СТБ 1573-2005 «Машины электрические стиральные бытового назначения. Показатели энергетической эффективности» Минск 2005
- 30 СТБ 1574-2005 «Приборы холодильные электрические бытовые. Показатели энергетической эффективности» Минск 2005
- 31 СТБ 1779-2007 «Лампы бытовые. Показатели энергетической эффективности» Минск 2007
- 32 СТБ 1780-2007 «Кондиционеры бытовые. Показатели энергетической эффективности» Минск 2007
- 33 СТБ 1312-2002 «Энергосбережение. Информирование потребителей об энергетической эффективности бытовых электрических приборов. Общие требования» Минск 2002
- 34 ТКП 45-4.01-52-2007 Системы внутреннего водоснабжения зданий, Строительные нормы проектирования» Минск 2008 г.
- 35 Инженерное оборудование зданий и сооружений. под ред. Н.Е. Пащенко М.: «Высшая школа» 1981 -344 с.
- 36 Насосная азбука Вило Рус М. 2006
- 37 Энергосбережение в доме шаг за шагом./ред. О.Н. Сенова Сб. Санкт-Петербург 2008 г. 44 с
- 38 http://ru.teplowiki.org/wiki/Wilo_Geniox
- 39 IEC 60034-2-1:2007 Машины электрические вращающиеся. Часть 2-1. Стандартные методы определения потерь и коэффициента полезного действия на основании испытаний (за исключением машин для тяговых транспортных средств)
- 40 IEC 60034-30:2008 Машины электрические вращающиеся. Часть 30. Классы эффективности односкоростных, трехфазных, асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором (код IE)
- 41 Энергосбережение и возобновляемые источники энергии: учебно-методическое пособие / О.И. Родькин [и др.]; под общей ред. С.П. Кундаса. - Минск: МГЭУ им.Сахарова, 2011. - 160 с.

Производственно-практическое издание

Ануфриев Владимир Николаевич
Андреев Наталья Александровна

Энергосбережение в зданиях *Пособие*

Ответственный за выпуск: Н. А. Андреев
Компьютерный набор и верстка: Н. Г. Ковш
Корректор: М. А. Вержинская

Подписано в печать 1.08.11. Формат 60х90 1/16. Бумага Golg East Paper.
Гарнитура Myriad Pro. Печать офсетная. Усл. печ. л. 5. Уч. -изд. л. 5,6.

Тираж 450 экз. Заказ 3318.

Издание выпущено по заказу учреждения

МОО «Экопроект Партнерство»

220043, г. Минск, Беларусь, пр. Независимости, д. 95, к. 11, офис 614.

Тел. (+375 17) 541-68-50.

www.ecoproject.by

Издатель и полиграфическое исполнение
ИП «АЛЬТИОРА – ЖИВЫЕ КРАСКИ»

ЛИ №02330/0548520 от 16.06.2009

ЛП №02330/0150479 от 25.02.2009

Ул. Сурганова, д. 11, 220072, г. Минск

Тел./факс: +375 172 949094