

Оценка эффективности энергосберегающих мероприятий

Методические рекомендации

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Национальный исследовательский Томский государственный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
по оценке эффективности энергосберегающих мероприятий

Томск, 2014

Печатается по решению
Учёного совета ФГБОУ ВПО ТГУ

Рецензенты:

Д.т.н., профессор Телемтаев М.М., к.т.н. Махов О.Н.

Авторы:

Бухмиров В.В., Нурахов Н.Н., Косарев П.Г., Фролов В.В., Пророкова М.В.

Методические рекомендации по оценке эффективности энергосберегающих мероприятий - Томск: ИД ТГУ, 2014. – 96 с.

Методические рекомендации является составной частью учебно-методического комплекса к курсу «Практические вопросы реализации государственной политики в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности» и предназначена для самостоятельной работы с учебным содержанием курса. В методических рекомендациях предложены практические работы, выполнение которых поможет слушателям курса освоить необходимые компетенции, обеспечивающие способность к целостному управлению и эффективной организации энергосбережения и повышения энергетической эффективности в условиях конкретного учреждения.

Для представителей организаций и учреждений бюджетной сферы, ответственных за энергосбережение и повышение энергетической эффективности.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
1. Термины и определения	7
2. Показатели оценки эффективности от реализации мероприятий по энергосбережению	9
3. Методика оценки срока окупаемости мероприятия	13
4. Расчет годовой экономии от внедрения мероприятий в натуральном и денежном выражении	14
4.1. Описание мероприятия «Установка штор из ПВХ-пленки в межрамное пространство окон»	14
4.2. Описание мероприятия «Автоматизация освещения в местах общего пользования»	17
4.3. Описание мероприятия «Организация автоматизированного теплового пункта»	22
4.4. Описание мероприятия «Установка эмульгатора мазута»	27
4.5. Описание мероприятия «Замена горелочных устройств»	30
4.6. Описание мероприятия «Установка частотно-регулируемого привода»	36
4.7. Описание мероприятия «Применение автоматических дверных доводчиков на входных дверях»	44
4.8. Описание мероприятия «Применение автоматических сенсорных смесителей»	47
4.9. Описание мероприятия «Улучшение теплозащитных свойств ограждающих конструкций здания (кровля)»	50
4.10. Описание мероприятия «Утепление внутренних перегородок»	56
4.11. Описание мероприятия «Утепление наружных дверей и ворот»	61
4.12. Описание мероприятия «Использование датчиков движения»	65

4.13. Описание мероприятия «Монтаж низкоэмиссионных пленок на окна»	70
4.14. Описание мероприятия «Монтаж теплоотражающих конструкций за радиаторами отопления».....	74
4.15. Описание мероприятия «Теплоизоляция (восстановление теплоизоляции) внутренних трубопроводов систем отопления и горячего водоснабжения (ГВС) в неотапливаемых подвалах и чердаках».....	80
4.16. Описание мероприятия «Промывка трубопроводов системы отопления. Снижение тепловых и гидравлических потерь за счёт удаления внутренних отложений с поверхностей радиаторов и разводящих трубопроводов».....	87
5. Порядок расчета эффекта от мероприятия в натуральном и денежном выражении в сопоставимых условиях	96
Список литературы	100
Приложение	102

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические рекомендации разработаны в целях методического обеспечения подготовки представителей организаций и учреждений бюджетной сферы, ответственных за энергосбережение и повышение энергетической эффективности в соответствии с учебной программой повышения квалификации «Практические вопросы реализации государственной политики в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности».

Методические указания разработаны в соответствии со статьей 25 Федерального закона от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», подпрограммы «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности» государственной программы Российской Федерации «Энергоэффективность и развитие энергетики», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 3 апреля 2013 года № 512-р и других нормативных документов.

Цель данной методики - обеспечение инструментарием для оценки эффективности от реализованных мероприятий по энергосбережению и поиска наиболее оптимальных решений для их внедрения.

В методике отражены основанные показатели оценки эффективности реализации мероприятий, алгоритмы их расчета, а также условия применения.

Достоинством данной методики является то, что расчеты экономической эффективности показаны на примере конкретных мероприятий по энергосбережению, что, несомненно, окажет помощь слушателям в их профессиональной деятельности.

1. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В данном разделе представлены термины, введенные ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009г. № 261-ФЗ.

Энергетический ресурс – носитель энергии, энергия которого используется или может быть использована при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, а также вид энергии (атомная, тепловая, электрическая, электромагнитная энергия или другой вид энергии).

Энергосбережение – реализация организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования (в том числе объема произведенной продукции, выполненных работ, оказанных услуг).

Энергетическая эффективность – характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта, применительно к продукции, технологическому процессу, юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю.

Энергетическое обследование – сбор и обработка информации об использовании энергетических ресурсов в целях получения достоверной информации об объеме используемых энергетических ресурсов, о показателях энергетической эффективности, выявления возможностей энергосбережения и повышения энергетической эффективности с отражением полученных результатов в энергетическом паспорте.

Целевой показатель в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности – показатель, характеризующий деятельность организации по реализации мер, направленных на эффективное использование и экономное расходование энергетических ресурсов в процессе их производства, передачи и потребления.

Потенциал энергосбережения – физическая величина показателя, характеризующего возможность повышения энергетической эффективности путем оптимизации использования энергетических ресурсов. Потенциал может быть назначенным (установленный регламентирующим документом), нормативным (при условии приведения показателей работы всех систем к нормативным значениям), расчетным (при проведении модернизации и внедрении инновационных технологий).

Экономическая эффективность мероприятия по энергосбережению и повышению энергетической эффективности – система стоимостных показателей, отражающих прибыльность (рентабельность) мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

Условное топливо – условно-натуральная единица измерения количества топлива, применяемая для соизмерения топлива разных видов с помощью калорийного коэффициента, равного отношению теплосодержания 1 кг топлива данного вида к теплосодержанию 1 кг условного топлива (7000 ккал/кг).

Топливо-энергетический баланс – система полного количественного сопоставления прихода и расхода энергетических ресурсов (включая потери и остатки топливо-энергетических ресурсов хозяйствующего субъекта выбранный интервал времени).

2. ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТ РЕАЛИЗАЦИИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ

Эффективность – это категория, которая характеризуемая системой показателей, отражающих соотношение затрат и результатов применительно к интересам соответствующего учреждения.

Целесообразно выделить следующие результаты, на достижение которых должна быть направлена реализация энергосберегающих мероприятий:

- экономия энергетических ресурсов в натуральном и стоимостном выражении;
- сокращение удельного потребления энергетических ресурсов;
- обеспечение приборами учета по всем видам энергетических ресурсов;
- сокращение расходов на оплату энергетических ресурсов и коммунальных услуг;
- иные результаты.

Общий перечень показателей приведен в таблице 1.

Таблица 1. Показатели оценки эффективности реализации мероприятий

№ п/п	Наименование показателя
1	Чистая прибыль
2	Простой срок окупаемости капиталовложений
3	Рентабельность инвестиций
4	Срок предельно возможного полного возврата кредита
5	Чистый дисконтированный доход
6	Индекс рентабельности инвестиций
7	Внутренняя норма доходности
8	Дисконтированный срок окупаемости
9	Суммарные дисконтированные затраты
10	Удельные дисконтированные затраты

11	Внутренняя норма доходности с учетом инфляции
12	Чистый дисконтированный доход с учетом инфляции
13	Чистый дисконтированный доход с учетом риска вложения капитала
14	Годовая экономия энергетических ресурсов по мероприятию в натуральном выражении
15	Годовая экономия энергетических ресурсов по мероприятию в стоимостном выражении

Расчет эффекта от комплекса мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности базируется на методе расчета эффекта от отдельного мероприятия:

- определяются значения показателей потребления за базовый год;
- рассчитываются значения коэффициентов сопоставимых условий;
- выполняется расчет индикаторов;
- выполняется расчет показателей эффективности программы ЭС.

Совместная реализация группы энергосберегающих мероприятий может иметь различный характер влияния на совокупный потенциал энергосбережения указанной группы. По виду влияния на совокупный потенциал энергосбережения энергосберегающие мероприятия классифицируются следующим образом:

- взаимонезависимые;
- взаимоисключающие;
- взаимодополняющие;
- взаимовлияющие.

Энергосберегающие мероприятия определяются как взаимонезависимые (независимые в совокупности), если в рамках рассматриваемых условий принятие или отказ от одного из них никак не влияет на возможность или целесообразность принятия других и на их эффективность. Величина потенциала энергосбережения группы взаимонезависимых энергосберегающих мероприятий равна арифметической сумме потенциала энергосбережения отдельных мероприятий.

Энергосберегающие мероприятия определяются как взаимоисключающие (альтернативные), если осуществление одного из них делает невозможным или нецелесообразным осуществление остальных. Потенциал энергосбережения группы взаимоисключающих энергосберегающих мероприятий при выборе из этой группы конкретного мероприятия равен потенциалу энергосбережения выбранного мероприятия.

Энергосберегающие мероприятия определяются как взаимодополняющие, если по каким-либо причинам они могут быть приняты или отвергнуты только одновременно. Взаимодополняющие энергосберегающие мероприятия необходимо предварительно объединить в группу мероприятий и впоследствии рассматривать как единичное мероприятие.

Энергосберегающие мероприятия определяются взаимовлияющими, если при их совместной реализации возникают дополнительные (системные) позитивные или негативные эффекты, не проявляющиеся при реализации каждого из мероприятий в отдельности. При совместном исполнении взаимовлияющих энергосберегающих мероприятий потенциал энергосбережения группы мероприятий не будет являться арифметической суммой величин потенциала энергосбережения указанных мероприятий, реализованных независимо друг от друга.

Учет взаимного влияния мероприятий для объекта или субъекта планирования мероприятия определяется экспертно. Взаимное влияние мероприятий, включенных в типовые проекты по энергосбережению (позитивные и негативные факторы взаимного влияния) указано в составе каждого типового проекта).

Так как одной из целей оценки эффективности энергосберегающих мероприятий является обоснование лучшего выбора на основе сопоставления финансовых затрат на реализацию указанных мероприятий и эффекта в виде экономии энергетических ресурсов при их обращении (производстве, транспорте, потреблении), необходимо конкретизировать

последовательность и условия применения показателей для оценки мероприятий.

В данной методике представлены способы расчета следующих показателей:

- Простой срок окупаемости капиталовложений,
- Годовая экономия энергетических ресурсов по мероприятию в натуральном выражении,
- Годовая экономия энергетических ресурсов по мероприятию в стоимостном выражении.

3. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СРОКА ОКУПАЕМОСТИ МЕРОПРИЯТИЯ

Зачастую для оценки инвестиционной привлекательности мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности достаточно использовать такой критерий, как простой срок окупаемости.

Срок окупаемости (англ. Pay-Back Period) – период времени, необходимый для того, чтобы доходы, генерируемые инвестициями, покрыли затраты на инвестиции. Например, если проект требует инвестиций (исходящий денежный поток, англ. Cash Flow) в 2000 тыс. рублей и эти инвестиции будут возвращаться по 1000 тыс. рублей в год, то можно говорить, что срок окупаемости проекта составляет два года. При этом временная ценность денег (англ. Time Value of Money) не учитывается. Этот показатель определяют последовательным расчётом чистого дохода (англ. Present Value) для каждого периода проекта. Точка, в которой чистый доход примет положительное значение, будет являться точкой окупаемости.

Однако у срока окупаемости есть недостаток. Заключается он в том, что этот показатель игнорирует все поступления денежных средств после момента полного возмещения первоначальных расходов. При выборе из нескольких инвестиционных проектов, если исходить только из срока окупаемости инвестиций, не будет учитываться объём прибыли, созданный проектами.

Простой срок окупаемости (количество периодов) определяется по следующей формуле:

$$DP = \frac{Inv}{E_t} \quad (1)$$

где E_t – экономия в период времени (на этапе t),

Inv – инвестиции (капитальные вложения) в проект

4. РАСЧЕТ ГОДОВОЙ ЭКОНОМИИ ОТ ВНЕДРЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ В НАТУРАЛЬНОМ И ДЕНЕЖНОМ ВЫРАЖЕНИИ

4.1. Описание мероприятия «Установка штор из ПВХ-пленки в межрамное пространство окон»

Энергосберегающая светопрозрачная пленка предназначена для снижения потерь радиационной части тепловой энергии через окна. Толщина пленки 80 микрон. Пленку устанавливают в межрамное пространство, либо с внутренней стороны окна (рис. 1). Создается эффект дополнительного стекла. По данным производителей пленка экономит от 15 до 30% тепла, что сравнимо с применением стеклопакетов, но при гораздо меньших затратах. Экономический эффект от внедрения данного мероприятия возможен только при наличии системы регулирования и учета тепловой нагрузки.

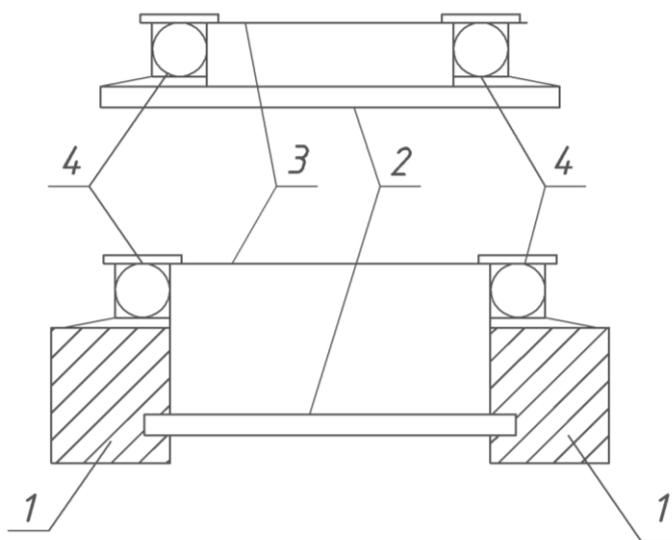


Рисунок 1. Установка пленки с использованием пластикового замка:

1 – рама; 2 – стекло; 3 – пленка; 4 – замок

Область применения

Жилой фонд, офисы, административные помещения.

Методика расчёта эффективности мероприятия

Шаг 1. В общем случае теплотери помещения через светопрозрачные ограждения Q_1 [Вт] определяются по формуле 1:

$$Q_1 = \frac{1}{R_1} \cdot F \cdot (t_{в} - t_{нар}^{cp}) \cdot 10^{-3}, \quad (1)$$

где F [м²] – площадь остекления;

R_1 [м²·°C/Вт] – сопротивление теплопередаче светопрозрачных ограждений до установки пленки;

$t_{в}$ [°C] – расчетная температура внутреннего воздуха;

$t_{нар}^{cp}$ [°C] – средняя температура наружного воздуха за отопительный период.

Термическое сопротивление окон с двойным остеклением в спаренных переплетах составляет $R = 0,4$ м²·°C/Вт [СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий»]. Установка в межрамное пространство пленки позволяет увеличить сопротивление теплопередачи оконного блока до $R = 0,54$ м²·°C/Вт. Тем самым достигается сокращение потерь тепловой энергии через окна на 26%.

Шаг 2. Теплотери помещений после установки ПВХ-пленки в межрамное пространство окон рассчитываются по формуле 2:

$$Q_2 = \frac{1}{R_2} \cdot F \cdot (t_{в} - t_{нар}^{cp}) \cdot 10^{-3}, \quad (2)$$

где R_2 [м²·°C/Вт] – сопротивление теплопередаче светопрозрачных ограждений после установки пленки;

Шаг 3. Объем тепловой энергии, сэкономленной за отопительный период, составит:

$$\Delta Q = (Q_1 - Q_2) \cdot z \cdot K., \quad (3)$$

где z [ч] – длительность отопительного периода;

K – коэффициент перевода кВт·ч в Гкал, равный $1,163 \cdot 10^{-3}$.

Шаг 4. Годовая экономия в денежном выражении, руб.:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta Q \cdot T_{TЭ}, \quad (4)$$

где $T_{TЭ}$ [руб./Гкал] – тариф на тепловую энергию.

Пример расчёта:

Количество и размер окон в здании (для каждого типоразмера):

- Тип окон – остекление двойное в отдельных деревянных переплетах
- Количество – 159 шт.,
- Высота – 1,77 м,
- Ширина – 2,389 м.

Температура воздуха в помещении $t_{в}^p = 21^\circ\text{C}$.

Средняя температура наружного воздуха за отопительный период составляет $t_{нар}^{cp} = -4,0^\circ\text{C}$.

Длительность отопительного периода $n = 221$ час.

Тариф на тепловую энергию $T = 1212$ руб.

Термическое сопротивление окон с двойным остеклением в отдельных переплетах $R = 0,44 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$;

Расчет:

Потери тепловой энергии через светопрозрачные ограждения:

$$Q_1 = \frac{1}{R_1} \cdot F \cdot (t_{в} - t_{нар}^{cp}) \cdot 10^{-3} = \frac{1}{0,4} \cdot 672 \cdot (21 - (-4,0)) \cdot 10^{-3} = 42 \text{ кВт}.$$

Потери тепловой энергии через светопрозрачные ограждения после установки ПВХ-пленки:

$$Q_1 = \frac{1}{R_1} \cdot F \cdot (t_{в} - t_{нар}^{cp}) \cdot 10^{-3} = \frac{1}{0,54} \cdot 672 \cdot (21 - (-4,0)) \cdot 10^{-3} = 31 \text{ кВт}.$$

Экономия тепловой энергии после реализации мероприятия:

$$\Delta Q = (Q_1 - Q_2) \cdot z \cdot K = (42 - 31) \cdot 221 \cdot 24 \cdot 0,8598 \cdot 10^{-3} = 50,16 \text{ Гкал.}$$

Годовая экономия в денежном выражении (экономия за отопительный период):

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta Q \cdot T_{\text{от}} = 50,16 \cdot 1212 = 60794 \text{ руб.}$$

При реализации мероприятия «Установка штор из ПВХ-пленки в межрамное пространство окон» за отопительный период достигается экономия в размере 60793,92 руб.

Расходы	Цена	Количество	Стоимость, руб
Материал	8,5 руб./м ²	672 м ²	5712
Монтаж ПВХ-пленки	4,25 руб./м ²	672 м ²	2856
Итого:			8568

Объем инвестиций в данное мероприятие составляет 8568 руб. Таким образом, используя формулу 1, находим срок окупаемости мероприятия:

$$DP = \frac{Inv}{E_t} = \frac{8568}{60794} = 0,14 \text{ года}$$

Срок окупаемости рекомендуется округлять до целых чисел, т.е. в данном случае срок окупаемости составляет 1 год.

Срок службы ПВХ-пленки составляет 1 год. Таким образом, мероприятие полностью окупает себя.

4.2. Описание мероприятия «Автоматизация освещения в местах общего пользования»

Освещение в туалетных комнатах, гардеробе и подсобных помещениях управляется обычными механическими выключателями. Человеческий фактор (забывчивость персонала) – причина постоянной работы осветительных приборов в этих помещениях в течение рабочего дня, несмотря на потребность в освещении в течение кратковременного периода времени.

Предлагается оснастить осветительные приборы устройствами на базе датчиков присутствия. Это усовершенствование позволит включать освещение только в случае присутствия человека в помещении.

В настоящее время на рынке электротехнических устройств существует ряд недорогих изделий, позволяющих автоматизировать управление освещением.

Устройство предназначено для монтажа на стене или потолке для использования совместно с ранее установленными светильниками. Встроенное реле позволит постепенно снижать электрическую нагрузку на люминесцентные лампы, что позволит увеличить срок их службы.

Описание мероприятия «Замена ламп накаливания на компактные люминесцентные лампы»

Использование ламп накаливания для освещения помещений приводит к значительному перерасходу электрической энергии, поскольку люминесцентные или светодиодные лампы, генерирующие аналогичный по мощности световой поток, потребляют в 4-9 раз меньше электроэнергии. Соответствие мощностей ламп накаливания и компактных люминесцентных ламп приведено на рис. 1.

Срок службы люминесцентных ламп в 2-3 раза больше, чем у ламп накаливания. Поскольку устанавливаются компактные люминесцентные лампы в те же цоколи, что и лампы накаливания, переоборудование системы освещения – процесс нетрудоемкий.



Рисунок 1. Соответствие мощностей ламп накаливания и компактных люминесцентных ламп

Область применения

Освещение помещений с периодическим пребыванием людей в жилых и общественных зданиях

Методика расчёта эффективности мероприятия

Шаг 1. Расчетное потребление электроэнергии на освещение помещений с временным пребыванием людей составляет, кВт·ч:

$$W_{лн} = N \cdot P_{лн} \cdot \tau \cdot z \cdot 10^{-3}, \quad (1)$$

где N [шт.] – количество ламп накаливания в местах с временным пребыванием людей;

$P_{лн}$ [Вт] – мощность лампы накаливания;

τ [ч] – время работы системы освещения;

z – число рабочих дней в году.

Установка датчиков движения и присутствия позволит сократить число часов работы системы освещения до 1-2 часов. Замена ламп накаливания на компактные люминесцентные лампы позволит снизить использование электроэнергии на работу осветительных установок.

Шаг 2. Расход электроэнергии на освещение мест с временным пребыванием людей после внедрения системы автоматического регулирования и замены ламп составит, кВт·ч:

$$W_{клл} = N \cdot P_{клл} \cdot \tau_a \cdot z \cdot 10^{-3}, \quad (2)$$

где $P_{клл}$ [Вт] – мощность компактной люминесцентной лампы;

τ_a [ч] – время работы системы освещения после установки датчиков движения и присутствия.

Шаг 3. Экономия электроэнергии при внедрении мероприятий будет равна, кВт·ч:

$$\Delta W = W_{лн} - W_{клл}. \quad (3)$$

Шаг 4. Годовая экономия в денежном выражении составит, тыс. руб.:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta W \cdot T_{\text{ЭЭ}} \cdot 10^{-3}, \quad (4)$$

где $T_{\text{ЭЭ}}$ [руб./кВт·ч] – тариф на электрическую энергию.

Пример расчёта:

В школе временное пребывание людей характерно для восьми помещений.

Всего в указанных помещениях установлено 20 ламп накаливания, единичной мощностью 70 Вт.

Система освещения в помещениях работает в течение всего рабочего дня, который составляет 9 часов. Тариф на электрическую энергию $T = 5,39$ руб./кВт·ч.

Число рабочих дней учреждения в году – 247 дней.

Расчет:

Расход электроэнергии на освещение помещений с временным пребыванием людей до замены ламп и установки датчиков движения, кВт·ч:

$$W_{лн} = N \cdot P_{лн} \cdot \tau \cdot z \cdot 10^{-3} = 20 \cdot 70 \cdot 9 \cdot 247 \cdot 10^{-3} = 3112,2.$$

При внедрении системы автоматического управления освещением в помещениях с временным пребыванием людей время использования светильников, согласно опытным данным, уменьшится до 2,5 часа.

Замена ламп накаливания на компактные люминесцентные лампы позволит получить расход электроэнергии, кВт·ч:

$$W_{ккл} = N \cdot P_{ккл} \cdot \tau_a \cdot z \cdot 10^{-3} = 20 \cdot 16 \cdot 2,5 \cdot 247 \cdot 10^{-3} = 197,6.$$

Экономия электроэнергии при внедрении мероприятий будет равна, кВт·ч:

$$\Delta W = W_{лн} - W_{ккл} = 3112,2 - 197,6 = 2914,6.$$

Годовая экономия в денежном выражении составит, тыс. руб.:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta W \cdot T_{\text{э}} \cdot 10^{-3} = 2914,6 \cdot 5,39 \cdot 10^{-3} = 15,71.$$

При реализации мероприятий «Автоматизация освещения в местах общего пользования» и «Замена ламп накаливания на компактные люминесцентные лампы» достигается экономия в размере 15710 руб. Объем инвестиций в данные мероприятия, исходя из совокупных затрат на покупку и установку датчиков движения и присутствия, а также компактных люминесцентных ламп, составит, тыс. руб.:

$$Inv = N_{ккл} \cdot C_{ккл} + (1 + k) N_a \cdot C_a,$$

где $N_{ккл}$ – требуемое количество ламп, шт.; $C_{ккл}$ – стоимость одной компактной люминесцентной лампы, руб.; k – доля затрат на монтаж датчиков движения в стоимости оборудования, руб.; N_a – требуемое количество регуляторов системы освещения (количество помещений), шт.; C_a – стоимость одного регулятора системы освещения, руб.

При условии, что стоимость монтажных работ составит 50% от стоимости оборудования, инвестиции в проект, руб.:

$$\begin{aligned} Inv &= N_{\text{ккл}} \cdot C_{\text{ккл}} + (1 + k) N_a \cdot C_a = 20 \cdot 185 + (1 + 0,5) 8 \cdot 650 = \\ &= 11500, \end{aligned}$$

Таким образом, используя формулу (1), находим срок окупаемости мероприятия:

$$DP = \frac{Inv}{\Delta \mathcal{E}} = \frac{11500}{15710} = 0,73 \text{ года.}$$

Срок окупаемости рекомендуется округлять до целых чисел, т.е. в данном случае срок окупаемости составляет 1 год.

Срок службы компактных люминесцентных ламп составляет 2 года.

Срок службы датчиков движения – 5 лет.

4.3. Описание мероприятия «Организация автоматизированного теплового пункта»

Индивидуальный учет тепловой энергии эффективен тогда, когда потребитель имеет возможность регулировать расход тепла в зависимости от своих собственных потребностей.

Для поддержания требуемого температурного графика в системе отопления планируется установить регуляторы на отопление с датчиками наружного и внутреннего воздуха. По соответствующей программе регулятор может осуществлять понижение температуры воздуха в помещениях в ночные часы и выходные дни, что наиболее актуально для зданий бюджетной сферы. Автоматизированное управление отопительной нагрузкой позволяет получить экономию в осенне-весенний период, когда распространенной проблемой является наличие перетопов, связанное с особенностями центрального качественного регулирования тепловой нагрузки на источниках теплоснабжения. Общий вид автоматизированного теплового пункта приведен на рис. 1. Принципиальная схема установки

системы автоматического регулирования отопительной нагрузки с циркуляционными насосами приведена на рис. 2.



Рисунок 1. Общий вид автоматизированного теплового пункта

Область применения

Жилой фонд, административные и общественные здания.

Методика расчёта эффективности мероприятия

Шаг 1. Фактическая часовая тепловая нагрузка здания на отопление составляет, Гкал/ч:

$$q_{\text{ч}} = \frac{Q}{z \cdot 24}, \quad (1)$$

где Q [Гкал] – годовое потребление тепловой энергии на отопление здания;
 z [сут.] – продолжительность отопительного периода.

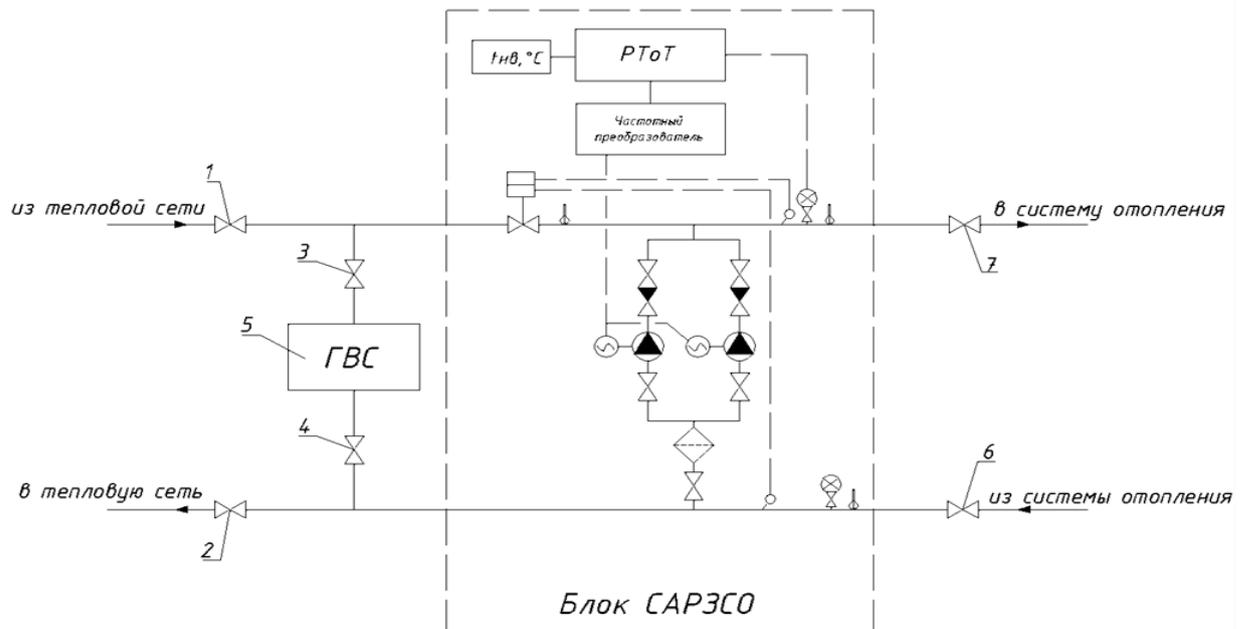


Рисунок 2. Принципиальная схема автоматизированного теплового пункта:
1, 2, 6, 7 – задвижка; 3, 4 – кран шаровый; 5 – водо-водяной подогреватель ГВС

Шаг 2. Организация дежурного предполагает снижение температуры воздуха в помещениях здания до $t_g^{\partial} = 14^{\circ}C$. Часовая нагрузка на отопление в данном случае составит, Гкал/ч:

$$q_{ч}^{\partial} = q_{ч} \frac{(t_g^{\partial} - t_n^{cp})}{(t_g - t_n^{cp})}, \quad (2)$$

где t_n^{cp} [$^{\circ}C$] – средняя температура наружного воздуха за отопительный период;

t_g [$^{\circ}C$] – расчетная температура воздуха в помещениях/

Шаг 3. Годовой расход тепловой энергии на отопление здания при организации дежурного отопления и 9-ти часовом рабочем дне организации, Гкал:

$$Q_{\partial} = (q_{ч} \cdot 9 + q_{ч}^{\partial} \cdot 15) z_p + q_{ч}^{\partial} \cdot z_{\partial}, \quad (3)$$

где z_p – количество рабочих дней в отопительном периоде; z_{∂} – количество выходных и праздничных дней в отопительном периоде.

Шаг 4. Экономия тепловой энергии от внедрения дежурного отопления за отопительный период, Гкал:

$$\Delta Q_o = Q - Q_o. \quad (4)$$

Шаг 5. Общая экономия тепловой энергии за счет организации автоматизированного теплового пункта, Гкал:

$$\Delta Q = \Delta Q_o + k \cdot Q, \quad (5)$$

где k – коэффициент эффективности регулирования тепловой нагрузки в осенне-весенний период.

Шаг 6. Годовая экономия в денежном выражении, тыс. руб.:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta Q \cdot T \cdot 10^{-3}, \quad (6)$$

где T [руб./Гкал] – тариф на тепловую энергию.

Пример расчёта:

Годовая тепловая нагрузка на систему отопления здания – 459,5 Гкал.

Температура воздуха в помещении $t_B^p = 20^\circ\text{C}$.

Средняя температура наружного воздуха за отопительный период составляет $t_{\text{ср.нар}} = -4,0^\circ\text{C}$.

Длительность отопительного периода $z = 221$ день.

Тариф на тепловую энергию $T = 1028,13$ руб.

Продолжительность рабочего дня – 9 ч.

Количество дней за отопительный период:

- рабочих – 150;
- нерабочих – 71.

Расчет:

Необходимо произвести расчет эффективности мероприятия в натуральном и денежном выражении для здания с годовым потреблением тепловой энергии на цели отопления $Q = 459,5$ Гкал. Узел учета тепловой энергии организован, что позволяет получать фактические данные о потреблении тепловой энергии.

Фактическая часовая тепловая нагрузка здания составляет, Гкал/ч:

$$q_{\text{ч}} = \frac{Q}{z \cdot 24} = \frac{459,5}{221 \cdot 24} = 0,087,$$

При организации дежурного отопления и снижении температуры воздуха в помещениях в нерабочее время до 14⁰С часовая нагрузка составит, Гкал/ч:

$$q_{\text{ч}}^{\text{д}} = q_{\text{ч}} \frac{(t_{\text{в}}^{\text{д}} - t_{\text{н}}^{\text{сп}})}{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}^{\text{сп}})} = 0,087 \frac{(14 - (-4))}{20 - (-4)} = 0,065,$$

В отопительном периоде 2013 г. было 150 рабочих дней и 71 нерабочих. Расход тепловой энергии на отопление здания при 9-ти часовом рабочем дне, Гкал:

$$Q_{\text{д}} = (q_{\text{ч}} \cdot 9 + q_{\text{ч}}^{\text{д}} \cdot 15) z_{\text{р}} + q_{\text{ч}}^{\text{д}} \cdot z_{\text{г}} = (0,087 \cdot 9 + 0,065 \cdot 15) \cdot 150 + 0,065 \cdot 71 = 334,77,$$

Экономия тепловой энергии от внедрения дежурного отопления за отопительный период, Гкал:

$$\Delta Q_{\text{д}} = Q - Q_{\text{д}} = 459,5 - 334,77 = 124,73.$$

Общая экономия тепловой энергии при учете снижения теплопотребления на 7% за счет устранения перетопов в осенне-весенний период, Гкал:

$$\Delta Q = \Delta Q_{\text{д}} + k \cdot Q = 124,73 + 0,07 \cdot 459,5 = 156,9,$$

Годовая экономия в денежном выражении, тыс. руб.:

$$\Delta \text{Э} = \Delta Q \cdot T \cdot 10^{-3} = 156,9 \cdot 1028,13 \cdot 10^{-3} = 161,31.$$

При реализации мероприятия «Организация автоматизированного теплового пункта» в здании за отопительный период достигается экономия в размере 161,31 тыс. руб. Объем инвестиций в данное мероприятие, исходя из совокупных затрат на разработку проекта теплоузла, оборудование и монтаж, составит, 120 тыс. руб.

Таким образом, используя формулу (1), находим срок окупаемости мероприятия:

$$DP = \frac{Inv}{\Delta \mathcal{E}} = \frac{120}{161,31} = 0,74 \text{ года.}$$

Срок окупаемости рекомендуется округлять до целых чисел, т.е. в данном случае срок окупаемости составляет 1 год.

4.4. Описание мероприятия «Установка эмульгатора мазута»

В основу разработки положены научные и практические разработки по интенсификации процесса горения и снижению токсичных выбросов при сжигании в топке (камере сгорания) водо-топливной эмульсии. Сравнение скорости горения безводного и эмульгированного топлива показывает, что эмульгированное топливо при оптимальном уровне водности и оптимальной степени дисперсности водной фазы сгорает быстрее безводного. При сжигании водо-мазутной эмульсии в котлоагрегатах и печах возможна экономия порядка 10% мазута по сравнению со сжиганием безводного топлива.

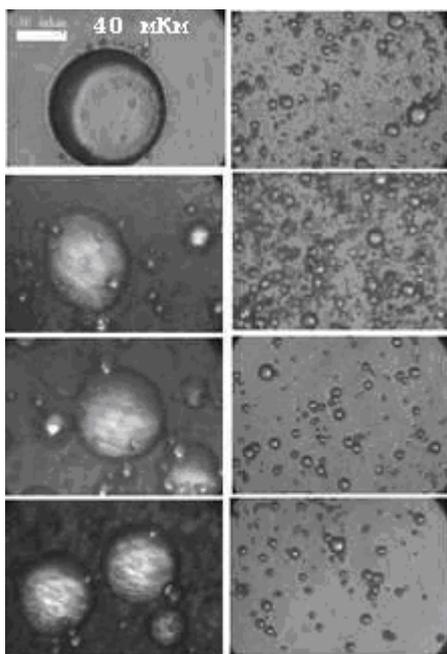
Кроме того, одним из факторов, определяющих эффективность использования водотопливных эмульсий (ВТЭ) в котельно-топочных процессах, является возможность на их основе решать ряд экологических проблем. Применение ВТЭ сокращает выход в газовых выбросах NOx, примерно в 3-4 раза снижает выброс сажистых отложений, уменьшает выход СО в среднем на 50%, бензопирена в 2-3 раза и т.д. Наибольший экономический эффект и одновременное снижение газовых выбросов обеспечивает добавление в топливо 10-15% воды, а наибольший экологический эффект в части утилизации загрязненных органическими продуктами вод реализуется при уровне водной фазы до 50%.

Результатом эмульгирования является уменьшение размеров капель мазута, что положительно сказывается на его горении.

На рис. 1 представлены результаты сравнения микроструктуры исходного и эмульгированного мазутов, полученные при помощи видеомикроскопа с увеличением $\times 400$.

Преимущества системы топливоподачи с эмульгированием мазута:

1. Система встраивается в действующую схему топливоподачи.
2. Не требуются дополнительные площади.
3. Реализовано автоматическое регулирование и поддержание заданной водности эмульсии.
4. Непрерывность, надежность и простота получения эмульсии.
5. Обеспечение возможности перехода с эмульсии на основное топливо без остановки топливосжигающего агрегата.



Исходный Эмульгированный

Рисунок 1. Структура мазута



Рисунок 2. Общий вид эмульгатора мазута

Область применения

Котельные, работающие на мазуте

Методика расчёта эффективности мероприятия

Экономия топлива (мазута) достигается за счет повышения эффективности его сгорания, и, как следствие, сокращения потребления мазута на выработку необходимого количества тепловой энергии. Производители и поставщики оборудования для эмульгирования мазута говорят о 10% снижении потребления топлива, однако опыт внедрения данного мероприятия на котельных показывает, что фактическая экономия топлива составляет 4-6%.

Шаг 1. Экономия топлива при внедрении данного мероприятия составит, т:

$$\Delta B = k \cdot B, \quad (1)$$

где B [т] – годовое потребление топлива на выработку тепловой энергии;

k – коэффициент экономии топлива при внедрении мероприятия.

Шаг 2. Годовая экономия в денежном выражении, тыс. руб.:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta B \cdot T \cdot 10^{-3}, \quad (2)$$

где T [руб./т] – стоимость топочного мазута.

Пример расчёта:

Годовое потребление жидкого топлива (мазута) – 505 т.

Объем вырабатываемой тепловой энергии – 3680 Гкал.

Средняя температура наружного воздуха за отопительный период составляет $t_{\text{ср.нар}} = -4,0^{\circ}\text{C}$.

Длительность отопительного периода $n = 221$ часов.

Тариф на топливо $T = 9615$ руб./т

Расчет:

Необходимо произвести расчет эффективности мероприятия в натуральном и денежном выражении для котельной с годовым потреблением мазута на выработку тепловой энергии $B = 505$ т.

Экономия топлива при внедрении системы эмульгирования мазута с учетом коэффициента снижения потребления топлива $k = 4\%$ составит, т:

$$\Delta B = k \cdot B = 0,04 \cdot 505 = 20,2$$

Годовая экономия в денежном выражении при стоимости топочного мазута $T = 9615$ руб./т, тыс. руб.:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta B \cdot T \cdot 10^{-3} = 20,2 \cdot 9615 \cdot 10^{-3} = 194,223.$$

При реализации мероприятия «Установка эмульгатора мазута» для котельной за отопительный период достигается экономия в размере 194,223 тыс. руб. Объем инвестиций в данное мероприятие, исходя из совокупных затрат на разработку проекта системы эмульгирования, покупки и монтажа оборудования, составит 700 тыс. руб.:

Таким образом, используя формулу (1), определяем срок окупаемости мероприятия:

$$DP = \frac{Inv}{\Delta \mathcal{E}} = \frac{700}{194,223} = 3,6 \text{ года.}$$

Срок окупаемости рекомендуется округлять до целых чисел, т.е. в данном случае срок окупаемости составляет 4 года.

Срок службы системы эмульгирования мазута составляет 15 лет. Таким образом, за 15 лет использования теплоотражающих экранов организация получает доход в размере 2 136,453 тыс. руб.

4.5. Описание мероприятия «Замена горелочных устройств»

Существует возможность произвести замену горелок, установленных на котлах (рис. 1) в настоящее время, на более современные, использующие струйно-нишевую технологию сжигания топлива (рис. 2). Установка этих горелочных устройств позволит более качественно подготавливать топливную смесь (природный газ-воздух), а также позволит расширить диапазон регулирования котлоагрегатов.

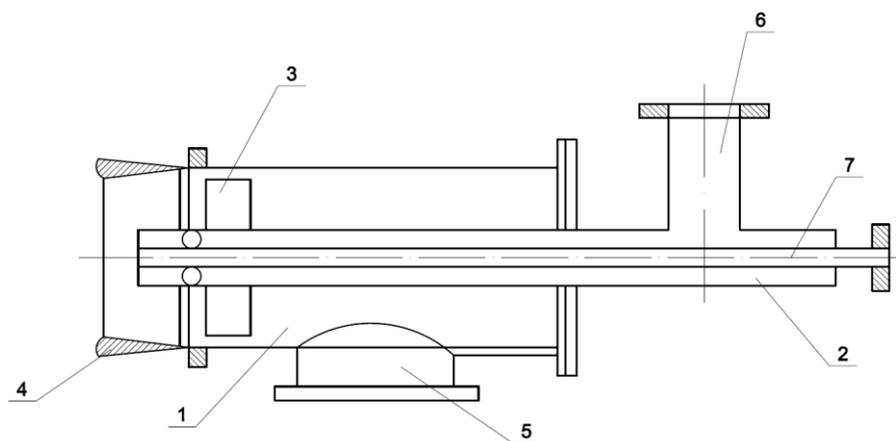
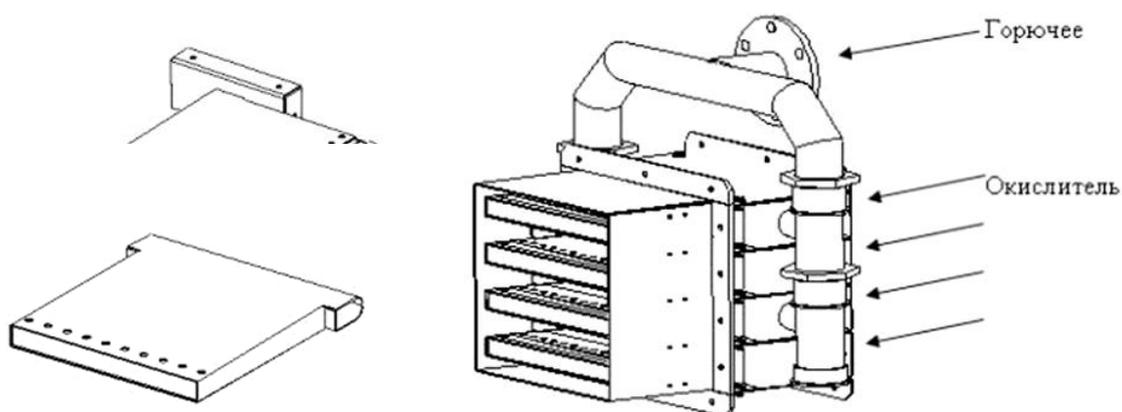


Рисунок 1. Конструкция газовых горелок: 1 – воздушная камера; 2 – газовая камера; 3 – завихритель; 4 – насадок горелки; 5 – воздушный патрубок; 6 – газовый патрубок; 7 – смотровая труба

Важной особенностью струйно-нишевых горелок является способность поддерживать устойчивость пламени при любом давлении газа.

Достоинствами данного мероприятия, по заявкам производителей оборудования, являются также:

1. Снижение удельных затрат природного газа от 5% до 10% за счет оптимизации топочного процесса, снижения потерь тепла и повышения КПД.
2. Снижение удельных затрат электроэнергии на привод тягодутьевых средств до 20% — за счет низкого аэродинамического сопротивления горелочного устройства.
3. Снижение уровня выбросов токсичных веществ NO_x ; CO — за счет повышения качества сгорания и снижения потребления газа.
4. Работа в широком диапазоне давления газа в (низкое до 500 мм.в.ст, среднее до 2500 мм.в.ст.).



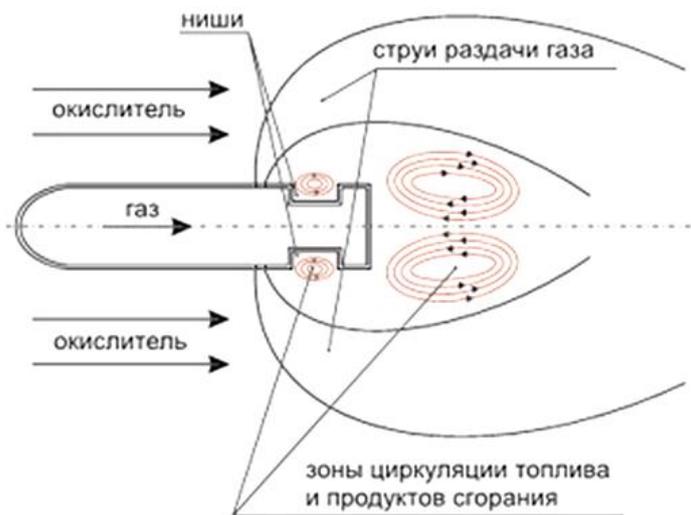


Рисунок 2. Общий вид и принцип работы горелочного устройства со струйно-нишевой технологией сжигания топлива

5. Высокая равномерность распределения температурного поля в топочном пространстве.
6. Снижение звукового давления (уровня шума) до 75 – 79 Дб.

Описание мероприятия «Автоматизация горения»

Использование на котлоагрегатах ручной регулировки режимов горения вызывает перерасход топливного газа за счёт неоптимального соотношения «газ-воздух».

Установка автоматизированной запорной арматуры на газопроводе и установка ЧРП на дутьевом вентиляторе и дымососе позволит осуществлять:

- автоматическую подготовку котлоагрегата к розжигу;
- автоматический розжиг горелок котла с переходом в режим минимальной мощности;

- управление нагрузкой и оптимизация соотношения топливо-воздух каждой из горелок котла;
- управление тепловым режимом котла;
- регулирование температуры сетевой воды на выходе из котельной в зависимости от температуры наружного воздуха;
- защита, сигнализация и блокировка работы котла при неисправностях;
- управление с операторских станций технологическим оборудованием (дымосос, вентиляторы, задвижки);
- обеспечение оперативно-технологического персонала информацией о параметрах теплового режима и состоянии технологического оборудования;
- регистрация в режиме реального времени параметров технологического процесса и действий оперативного персонала;
- протоколирование и архивирование информации;
- представление архивной информации и результатов расчетов.

Область применения

Газовые котельные

Методика расчёта эффективности мероприятия

Экономия топлива (природного газа) достигается за счет повышения эффективности его сгорания, и, как следствие, сокращения потребления топлива на выработку необходимого количества тепловой энергии. Опыт внедрения мероприятий по замене горелок на устройства со струйно-нишевой технологией сжигания позволяет получить экономию от 3% до 6%.

Шаг 1. Экономия природного газа при замене горелок составит, тыс. м³:

$$\Delta B_G = k_G \cdot B, \quad (1)$$

где B [тыс.м³] – годовое потребление топлива на выработку тепловой энергии;

k_G – коэффициент экономии топлива при внедрении данного мероприятия.

Автоматизация процесса горения, исходя из анализа результатов внедрения мероприятия, позволяет сократить потребление топлива на 4 - 10%, уменьшить себестоимости тепловой энергии, повысить безопасности процесса выработки тепловой энергии, уменьшить число аварийных остановов котлов на 80% и снизить затраты на капитальный ремонт на 15%.

Шаг 2. Экономия топлива при внедрении системы автоматизации

$$\Delta B_A = k_A \cdot B, \quad (2)$$

где k_A – коэффициент экономии топлива при внедрении данного мероприятия.

Шаг 3. Годовая экономия в денежном выражении, тыс. руб.:

$$\Delta \mathcal{E} = (\Delta B_G + \Delta B_A) \cdot T_B, \quad (3)$$

где T_B [руб./м³] – стоимость природного газа.

Пример расчёта:

Годовое потребление газового топлива котельной – 3457 тыс. м³.

Объем выработанной тепловой энергии за год – 26516,7 Гкал.

Средняя температура наружного воздуха за отопительный период составляет $t_{\text{ср.нар}} = -3,9^\circ\text{C}$.

Длительность отопительного периода $n = 219$.

Тариф на газовое топливо $T = 3,78$ руб./м³.

Количество котлов – 3 шт.

Расчет:

Необходимо произвести расчет эффективности мероприятия в натуральном и денежном выражении для котельной с годовым потреблением газа на выработку тепловой энергии $B = 3457$ тыс. м³.

Экономия топлива при замене горелок на струйно-нишевые с учетом коэффициента снижения потребления топлива $k_G = 3\%$ составит, тыс. м³:

$$\Delta B_G = k_G \cdot B = 0,03 \cdot 3457 = 103,71.$$

Расчетная экономия природного газа при внедрении системы автоматизации горения при $k_A = 4$, тыс. м³:

$$\Delta B_A = k_A \cdot B = 0,04 \cdot 3457 = 138,28.$$

Годовая экономия в денежном выражении, тыс. руб.:

$$\Delta \mathcal{E} = (\Delta B_G + \Delta B_A) \cdot T_B = (103,71 + 138,28) \cdot 3,78 = 914,72$$

При реализации мероприятий «Замена горелочных устройств» и «Автоматизация горения» для газовой котельной за отопительный период достигается экономия в размере 914,72 тыс. руб. Объем инвестиций в данные мероприятия, исходя из необходимости переоборудования трех котлоагрегатов, составит, тыс. руб.:

$$Inv = N(C_G + C_A),$$

где N [шт.] – количество котлов; C_G [тыс. руб.] – капитальные вложения в мероприятие «Замена горелочных устройств», включающие закупку оборудования, демонтаж старых горелок, установка и пусконаладка новых;

C_A [тыс. руб.] – капитальные затраты мероприятия «Автоматизация горения», включающие проект системы автоматизации, стоимость оборудования, монтаж и наладку.

Объем инвестиций на реализацию мероприятий составит, тыс. руб.:

$$Inv = N \cdot (C_G + C_A) = 3 \cdot (956 + 184) = 3420.$$

Простой срок окупаемости комплекса из двух мероприятий, лет:

$$DP = \frac{Inv}{\Delta \mathcal{E}} = \frac{3420}{914,72} = 3,74.$$

Срок окупаемости рекомендуется округлять до целых чисел, т.е. в данном случае срок окупаемости составляет 4 года.

4.6. Описание мероприятия «Установка частотно-регулируемого привода»

В общем балансе электропотребления страны на долю электропривода приходится по разным оценкам 30-40%. Соответственно, здесь сосредоточен наибольший потенциал экономии электроэнергии. Нерациональные потери в электроприводе вызваны, главным образом, несоответствием его параметров требуемым. Например, развиваемый насосом напор создаёт в гидравлической системе давление 60 м в. ст., а достаточным является давление 40м. При этом эксплуатационный персонал либо не предпринимает никаких действий, что приводит к перерасходу не только электроэнергии, но и воды, а также к ухудшению условий работы для оборудования в системе, либо ограничивает давление выходной задвижкой насоса. В последнем случае кроме потерь энергии в задвижке имеет место нарушение правил эксплуатации запорной арматуры.

Регулируемый привод также позволяет:

- регулировать выходные параметры;
- осуществлять плавный пуск электродвигателя.

Современные преобразователи частоты (ПЧ) содержат регулятор технологического процесса, которого часто достаточно для стабилизации выходного показателя системы (давления, температуры и др.). Если же ЧРП включён в систему управления более высокого уровня, то обеспечивается и более сложное управление необходимым параметром.

Область применения

Промышленные предприятия, ЦТП, котельные, ТЭС.

Методика расчёта эффективности мероприятия для одного насоса (вентилятора)

Шаг 1. Величина потребляемой из сети мощности насоса [кВт] равна

$$P_{\text{нас}} = \frac{2,72 \cdot G \cdot H \cdot \rho \cdot 10^{-6}}{\eta_{\text{мех}} \cdot \eta_{\text{эл.прив}}}, \quad (1)$$

где G [кг/ч] – массовый расход жидкости,

H [м] – напор. Напор механизма представляет собой разность давлений на его выходе и входе: $H = p_{\text{вых}} - p_{\text{вх}}$

ρ [кг/м³] – плотность рабочей среды. Её величина зависит от температуры и давления, но можно для воды приближённо считать $\rho=1000$ кг/м³.

$\eta_{\text{мех}}$ $\eta_{\text{эл.прив}}$ – КПД механический и электрического привода соответственно. При работе от ПЧ уменьшаются магнитные потери в двигателе и изменяются электрические потери. Но поскольку оценить изменение электрических потерь сложно (зависят от законов регулирования технологического параметра и преобразователя), целесообразно считать и при работе с ПЧ кпд электродвигателя постоянным и равным номинальному, а при отсутствии данных по конкретному типу ПЧ принимать $\eta_{\text{преоб}}=0,98$.

Для газодувных машин:

$$P_{\text{гдм}} = \frac{2,72 \cdot V \cdot H \cdot 10^{-3}}{\eta_{\text{мех}} \cdot \eta_{\text{эл.прив}}}, \quad (2)$$

где V [м³/ч] – объемный расход газа.

Здесь расходы жидкости (газа) G (V) определяются технологическим процессом и от установки ЧРП не меняются.

До установки ЧРП давление на выходе механизма либо снижается до необходимого уровня в дросселирующем устройстве (задвижка, клапан, направляющий аппарат), либо при отсутствии регулирования определяется характеристикой механизма и изменяется в зависимости от расхода рабочей среды.

В последнем случае следует определить необходимое (требуемое – $H_{\text{треб}}$) давление на выходе механизма, исходя из свойств технологического процесса.

При установке ЧРП КПД электропривода изменяется в известное число раз ($\eta_{\text{проб}} = 0,98$) и остаются две составляющие изменения потребляемой мощности: изменение напора и КПД механизма.

Шаг 2. Влияние ЧРП на КПД насоса качественно иллюстрирует рис. 1.

В первом режиме работы с подачей G_1 , напором H_1 и кпд η_1 , соотношения между которыми определяются заводскими (каталожными) характеристиками $H_0(G_0)$, $\eta(G_0)$, давление после нерегулируемого насоса снижается в дросселирующем устройстве до $H_{\text{треб1}}$. После установки преобразователя частоты рабочая точка G_1 , $H_{\text{треб1}}$ по теории подобия перемещается на характеристику $H_f(G_f)$ по параболе, проходящей через начало координат. Кпд при этом определяется величиной G_{01} и равен $\eta_{\text{пч1}}$, который больше η_1 . Аналогично для режима 2 с подачей, превышающей номинальную, на рис.1 показано, что после установки ПЧ кпд уменьшается с η_2 до $\eta_{\text{пч2}}$. Поскольку, как правило, приводимые механизмы работают без превышения номинальных расходов, установка ЧРП приводит к повышению кпд.

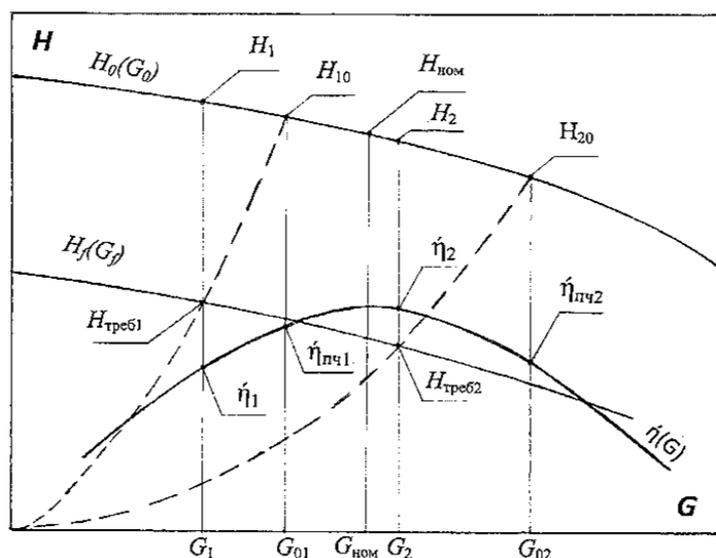


Рисунок 1. Графические построения для определения к.п.д. регулируемого насоса по его характеристикам

Определить количественные изменения кпд при переходе на работу с регулируемым приводом можно графически как показано на рис.1. Но такие достаточно громоздкие построения уместны в проекте установки конкретного ПЧ. Для энергоаудита целесообразно пользоваться приведённой ниже упрощенной методикой.

Обозначим исходные величины (до установки ПЧ) индексом «0» (P_0 , H_0 и т.д.), а после установки ПЧ – «пч» ($P_{пч}$ и т.д.). С учётом принятого выше соотношения $\eta_{эл прив пч} = 0,98 \cdot \eta_{эл прив 0}$ по формулам (1) или (2) относительное изменение мощности:

$$\frac{\Delta P}{P_0} = \frac{P_{пч} - P_0}{P_0} = 1,02 \cdot \frac{H_{пч}}{H_0} / \frac{\eta_{пч}}{\eta_0} - 1 \quad (3)$$

Следовательно, величина относительного изменения мощности равна увеличенному в 1,02 раза частному от деления относительного изменения напора $H_{пч}/H_0$ на относительное изменение кпд $\eta_{пч}/\eta_0$ минус единица. Если при расчёте учитывать не обобщённый кпд преобразователя частоты 0,98, а фактический для известного типа, то в формуле (3) следует заменить коэффициент 1,02 на действительную величину $1/\eta_{преобр}$.

Фактический напор H_0 измеряется при обследованиях, а после установки ПЧ принимается равным требуемому технологическим процессом с учётом давления на входе механизма, т.е. $H_{пч} = H_{треб}$.

Кпд механизма с нерегулируемым приводом можно вычислить по формулам (1), (2). При сложностях с измерением расхода можно воспользоваться заводскими характеристиками, определяя по ним и измеренной мощности P_0 расход G_0 и кпд η_0 (по характеристике насоса графически определять расход по напору не следует, так как получается очень большая погрешность).

При отсутствии характеристик приближённый расчёт расхода и кпд можно выполнить при аппроксимации характеристик напора и кпд квадратичными зависимостями. Для насоса, имеющего, как правило, наибольший напор при нулевом расходе:

$$H = H_{G=0} - (H_{G=0} - H_{\text{НОМ}}) \cdot \left(\frac{G}{G_{\text{НОМ}}}\right)^2 \quad (4)$$

$$\eta = \eta_{\text{НОМ}} - \frac{\eta_{\text{НОМ}}}{G^2} \cdot \left(\frac{G}{G_{\text{НОМ}}}\right)^2 = \eta_{\text{НОМ}} \cdot \left(1 - \left(\frac{G}{G_{\text{НОМ}}} - 1\right)^2\right) \quad (5)$$

где $H_{G=0}$ напор при нулевом расходе.

Значение $H_{G=0}$ можно вычислить по известным значениям напора и расхода в каком-либо режиме, например, во время обследования $H_{\text{обсл}}$, $G_{\text{обсл}}$

$$H_{G=0} = \frac{H_{\text{обсл}} - H_{\text{НОМ}} \cdot \left(\frac{G_{\text{обсл}}}{G_{\text{НОМ}}}\right)^2}{\left(1 - \frac{G_{\text{обсл}}}{G_{\text{НОМ}}}\right)^2} \quad (6)$$

Из выражений (4), (5) следует:

$$\frac{G}{G_{\text{НОМ}}} = \sqrt{\frac{H_{G=0} - H}{H_{G=0} - H_{\text{НОМ}}}} \quad (7)$$

$$\frac{\eta}{\eta_{\text{НОМ}}} = 1 - \left(\frac{G}{G_{\text{НОМ}}} - 1\right)^2 \quad (8)$$

При регулировании частоты вращения механизма КПД определяется расчетным расходом $G_{\text{расч}}$ (на рис.1 G_{01} , G_{02}), находящемся на пересечении заводской характеристики $H(G)$ и параболы, проходящей через начало координат и точку $G_{\text{ПЧ}}$, $H_{\text{ПЧ}}$

$$H = H_{\text{ПЧ}} \cdot \frac{G^2}{G_{\text{ПЧ}}^2} \quad (9)$$

Приравниванием правые части выражений (4) и (9) получаем

$$G_{\text{расч}} = \sqrt{\frac{H_{G=0}}{\frac{H_{\text{ПЧ}}}{G_{\text{ПЧ}}^2} + \frac{H_{G=0} - H_{\text{НОМ}}}{G_{\text{НОМ}}^2}}} \quad (10)$$

или

$$\frac{G_{\text{расч}}}{G_{\text{НОМ}}} = \sqrt{\frac{H_{G=0}}{H_{\text{ПЧ}} \cdot \frac{G_{\text{НОМ}}^2}{G_{\text{ПЧ}}^2} + H_{G=0} - H_{\text{НОМ}}}} \quad (11)$$

При известном $G_{пч} = G_0$ вычисляются $G_{расч}/G_{ном}$ по (11), $\eta_{пч}/\eta_{ном}$ – по (8) и конечный результат $\Delta P/P_0$ – по (3).

Для газодувных машин (ГДМ) в отличие от насосов максимум напора приходится не на нулевой расход газа, а примерно на расход $V_{H_{max}} = (0,3 - 0,5)V_{ном}$. При этом аналитическая зависимость напора от расхода оказывается несколько более громоздкой:

$$H = H_{max} + \frac{(H_{ном} - H_{max}) \cdot (V - V_{H_{max}})^2}{(V_{H_{max}} - V_{ном})^2} \quad (12)$$

где H_{max} , $V_{H_{max}}$, $H_{ном}$, $V_{ном}$ берутся из характеристик ГДМ, причём, точкой номинального режима следует считать приходящуюся на максимум КПД.

Соответственно вместо формул для насосов (10), (11) для ГДМ $V_{расч}$ вычисляется по (13):

$$V_{расч} = a \cdot \frac{V_{H_{max}}}{a - b} + \sqrt{\left(\frac{a \cdot V_{H_{max}}}{a - b}\right)^2 - \frac{H_{max} + a \cdot V_{H_{max}}}{a - b}} \quad (13)$$

где $a = (H_{ном} - H_{max}) / (V_{H_{max}} - V_{ном})^2$;

$$b = H_{пч} / V_{пч}^2.$$

Шаг 3. Если механизм имеет несколько характерных режимов, например, для сетевого насоса зимний и летний, то, соответственно, вычисляются относительные, затем и абсолютные изменения мощностей для каждого режима.

Снижение электропотребления за год от регулирования электропривода

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta P_1 \cdot T_1 + \Delta P_2 \cdot T_2 + \dots + \Delta P_n \cdot T_n, \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (14)$$

где T_i – продолжительность периода в часах и $\sum T_i = 8760 \text{ час}$.

Стоимость сэкономленной электроэнергии рассчитывается по установленным для потребителя тарифам.

Шаг 4. Тогда годовая экономия в денежном выражении составит:

$$\mathcal{E} = \Delta \mathcal{E} \cdot T, \text{ руб.} \quad (15)$$

где \mathcal{E} [руб.] – экономия в денежном выражении,

$\Delta \mathcal{E}$ [кВт·ч] - снижение электропотребления за год от регулирования электропривода,

$T \left[\frac{\text{руб}}{\text{кВт}\cdot\text{ч}} \right]$ – тариф на электрическую энергию.

Пример расчёта

Необходимо произвести оценку годовой экономии от внедрения мероприятия в натуральном и денежном выражении для ЦТП, на котором в системе ХВС установлены повысительные насосы типа К 100-65-200 с электродвигателями мощностью 30 кВт.

Характеристики насоса:

Мощность электродвигателя $P_{ном}=30$ кВт.

Подача насоса $G_{нас} = 100\text{м}^3/\text{ч}$.

Напор $H_{нас} = 50\text{м}$.

Кпд насоса $\eta_{нас}=0,69$.

Ток электродвигателя $I_{ном} = 55,7$ А, $\cos\phi=0,91$, КПД $\eta_{дв}=0,90$.

Самый высокий дом в микрорайоне – 16-ти этажный, схема ГВС - циркуляционная.

Одноставочный тариф на момент обследования $T=4,177\text{руб./кВт}\cdot\text{ч}$.

Обследованиями получены следующие средние показатели:

Расход воды $G_0=G_{пч} = 50\text{м}^3/\text{ч}$,

Давление на входе насоса $H_{вх}= 20\text{м}$,

- на выходе - 75м,

- давление после подогревателя ГВС – 73м,

Ток электродвигателя $I= 29\text{А}$,

Напряжение на двигателе $U=380\text{В}$.

В работе 1 насос.

Расчет:

По току и напряжению электродвигателя с допущением постоянных и равных номинальным величинах КПД и $\cos\phi$ получаем его **мощность, кВт:**

$$P=1,73 \cdot I \cdot U \cdot \cos\phi=1,73 \cdot 29 \cdot 0,38 \cdot 0,91 = 17,4;$$

или

$$P = (I / I_{\text{НОМ}}) \cdot (U / U_{\text{НОМ}}) \cdot P_{\text{НОМ}} / \eta_{\text{ДВ}} = (29 / 55,7) \cdot 1 \cdot 30 / 0,9 = 17,4.$$

Требуемый напор насоса, м, равен:

$$\begin{aligned} H_{\text{Треб}} &= 3 \cdot n_{\text{ЭТ}} + \Delta H_{\text{внеш сети}} + \Delta H_{\text{стояка}} + \Delta H_{\text{Т/о ГВС}} + H_{\text{своб}} - H_{\text{вх}} = \\ &= 3 \cdot 16 + 2 + 6 + (75 - 73) \cdot 1,62 + 3 - 20 = 44. \end{aligned}$$

Таким образом, для дальнейших расчётов имеем

$$H_0 = 75 - 20 = 55 \text{ м};$$

$$G_0 = G_{\text{нч}} = 50 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$H_{\text{нч}} = H_{\text{пре об}} = 44 \text{ м}; P_0 = 17,4 \text{ кВт},$$

По преобразованной формуле (1)

$$\eta_0 = 2,72 \cdot 50 \cdot 55 \cdot 10^{-3} / (17,4 \cdot 0,9) = 0,48.$$

Определим напор при нулевом расходе по формуле (6):

$$H_{G=0} = (55 - 50 \cdot (50/100)^2) / (1 - (50/100)^2) = 56,67 \text{ м}.$$

Отношение расчетного расхода к номинальному по формуле (11):

$$G_{\text{расч}} / G_{\text{ном}} = \sqrt{56,67 / (44 \cdot (100/50)^2 + 56,67 - 50)} = 0,557$$

Отношение КПД по формуле (8):

$$\eta_{\text{пч}} / \eta_{\text{ном}} = 1 - (0,557 - 1)^2 = 0,804,$$

т.е. $\eta_{\text{пч}} = 0,804 \cdot 0,69 = 0,555$ – на 16% выше исходного (0,48).

Относительное изменение мощности по формуле (3):

$$\Delta P / P_0 = (P_{\text{пч}} - P_0) / P_0 = 1,02 \cdot (44/55) / (0,555/0,48) - 1 = -0,294$$

Уменьшение средней потребляемой мощности:

$$\Delta P = 0,294 \cdot 17,4 = 5,12 \text{ кВт}.$$

Насосы ХВС работают непрерывно, следовательно, годовое снижение электропотребления по (14):

$$\Delta \mathcal{E} = 5,12 \cdot 8760 \cdot 10^{-3} = 44,85 \text{ тыс. кВт} \cdot \text{час}.$$

Тогда годовая экономия в денежном выражении составит:

$$\mathcal{E} = \Delta \mathcal{E} \cdot T = 44,85 \cdot 4,177 = 187 \text{ тыс. руб.}$$

При реализации мероприятия «Установка частотно-регулируемого привода» за год достигается экономия в размере 187 000 руб.

Расходы	Цена	Количество	Стоимость, тыс. руб.
ПЧ	110 тыс. руб./шт.	1	110
Дополнительные расходы (250% от стоимости ПЧ)	275 тыс. руб./шт.	1	275
Итого:			385

Объем инвестиций в данное мероприятие составляет 385 000 руб. Таким образом, используя формулу 1, находим срок окупаемости мероприятия:

$$DP = \frac{Inv}{E_t} = \frac{385000}{187000} = 2,06 \text{ года}$$

Срок окупаемости рекомендуется округлять до целых чисел, т.е. в данном случае срок окупаемости составляет 3 года.

4.7. Описание мероприятия «Применение автоматических дверных доводчиков на входных дверях»

Доводчики наружных дверей предназначены (рис. 1) для автоматического их закрывания, что исключает неограниченную инфильтрацию через дверной проем.



Рисунок 1. Доводчик двери

Установка дверного доводчика производится с целью сокращения времени поступления холодного воздуха при открытии входных дверей или ворот и как следствие, сокращения падения температуры на рабочих местах. Дверной доводчик существенно уменьшает количество проникающего в помещение холодного наружного воздуха, что приводит к значительной экономии энергии на отопление.

Подбор автоматического дверного доводчика осуществляется, исходя из данных о массе двери, о необходимом усилии для ее закрывания, и об ее материале.

Область применения

Жилой фонд, офисы, административные помещения.

Методика расчёта эффективности мероприятия

Шаг 1. Годовое сокращение потерь тепла через дверной проем с установленным дверным доводчиком определяется по формуле, Гкал:

$$\Delta E = k_{eff} \cdot E_{\Pi}, \quad (1)$$

где k_{eff} – коэффициент эффективности доводчика (согласно экспериментальным данным доводчики дают примерно 1 % экономии от

потерь через входные и межкомнатные двери, при этом через двери теряется порядка 10 % тепла, таким образом $k_{eff} = 0,01 \cdot 0,10 = 0,001$;

E_{II} – объем тепловой энергии, потребленной в отопительный период в базовом году, Гкал.

Шаг 2. Годовая экономия в денежном выражении определяется по формуле, руб.:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta E \cdot T_{T.Э.}, \quad (2)$$

где $T_{T.Э.}$ тариф на тепловую энергию, руб./Гкал.

Пример расчёта

Объем тепловой энергии потребленной за базовый период E_{II} составляет 1000 Гкал.

Тариф на тепловую энергию $T_{TЭ} = 1818,70$ руб.

Расчет:

Годовое сокращение потерь тепла через дверной проем с установленным дверным доводчиком:

$$\Delta E = k_{eff} \cdot E_{II} = 0,001 \cdot 1000 = 1 \text{ Гкал}$$

Тогда годовая экономия в денежном выражении составит:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta E \cdot T_{TЭ} = 1 \cdot 1818,70 = 1818,70 \text{ руб.}$$

При реализации мероприятия «Применение автоматических дверных доводчиков на входных дверях» за отопительный период достигается экономия в размере 5 456,10 руб. Стоимость установки дверных доводчиков с учетом материалов и стоимости работ составляет 4500 руб., что определяет общий объем инвестиций в данное мероприятие. Таким образом, используя формулу 1, находим срок окупаемости мероприятия:

$$DP = \frac{Inv}{E_t} = \frac{4500}{5456,1} = 0,82 \text{ года}$$

Как видно из приведенного расчета, мероприятие «Применение автоматических дверных доводчиков на входных дверях» окупается меньше чем за один год.

4.8. Описание мероприятия «Применение автоматических сенсорных смесителей»

Установка автоматических сенсорных смесителей позволяет сэкономить до 50% горячей и холодной воды и является очень эффективным энергосберегающим мероприятием. Экономический эффект достигается благодаря значительному сокращению времени протекания воды.

Автоматические сенсорные смесители (рис. 1) служат для автоматического включения и отключения подачи воды к мойкам и раковинам и для термостатического регулирования ее температуры. Таким образом сенсорные смесители отличаются от обычных смесителей отсутствием вентилей для регулировки воды.

Их применение экономически оправдано в общественных зданиях, в том числе в учебных заведениях. Функция термостатического регулирования защищает детей младшего возраста от ожогов. Функция автоматического отключения перекрывает поток воды сразу после прекращения использования. Отсутствие ручного регулирования исключает возможность поломки приложением чрезмерного усилия.



Рисунок 1. Автоматический сенсорный смеситель с термостатическим клапаном

В учебных заведениях умывальники и раковины, как правило, ставятся группами по 2–4 прибора, что позволяет подключать к одному термостатическому клапану несколько приборов.

После монтажа автоматических сенсорных смесителей необходимо отрегулировать чувствительность сенсоров, а также температуру воды, подаваемой к приборам.

При этом необходимо учитывать, что зачастую заявляемый производителями коэффициент экономии автоматических сенсорных смесителей – до 50% - является несколько завышенным. Фактический коэффициент экономии составит при этом около 20%.

Область применения

Учебные заведения, общественные и административные здания и иные публичные места с большим количеством людей.

Методика расчёта эффективности мероприятия

Шаг 1. Годовое сокращение потерь воды с установленным автоматическим сенсорным смесителем определяется по формуле, м³:

$$\Delta V = k_{eff} \cdot V_n, \quad (1)$$

где k_{eff} – коэффициент экономии автоматических сенсорных смесителей;

V_n [м³] – объем воды, потребленной через существующие смесители за базовый период (считается отдельно для горячей и холодной воды),

Шаг 2. Общая годовая экономия в денежном выражении определяется по формуле, руб.:

$$\mathcal{E} = \Delta V_g \cdot T_{гор} + \Delta V_x \cdot T_{хол}, \quad (3)$$

где ΔV_g [м³] – годовая экономия горячей воды;

ΔV_x [м³] – годовая экономия холодной воды;

$T_{гор}$ [руб./ м³] – тариф на горячую воду;

$T_{хол}$ [руб./ м³] – тариф на холодную воду.

Шаг 3. Затраты на замену всех смесителей определяются по формуле:

$$C_{\Sigma} = N_{смес} \cdot C_1, \quad (4)$$

где $N_{смес}$ – количество установленных в здании смесителей,

C_1 [руб.] – затраты на установку одного автоматического сенсорного смесителя с учетом материалов и стоимости работ.

Пример расчёта

Тарифы:

- на горячую воду $T_{гор} = 80$ руб./ м³

- на холодную воду $T_{хол} = 20$ руб./ м³

Фактическое потребление горячей воды на все смесительные устройства за год $V_{гор.смес.} = 1000$ м³

Фактическое потребление холодной воды на смесительные устройства за год $V_{хол.смес.} = 2500$ м³

В здании установлено 12 смесителей.

Затраты на установку одного автоматического сенсорного смесителя с учетом материалов и стоимости работ 8000 руб.

Коэффициент экономии автоматических сенсорных смесителей k_{eff} составляет 20%.

Расчет:

Годовая экономия горячей воды с установленным автоматическим сенсорным смесителем, м³:

$$\Delta V_g = k_{eff} \cdot V_{гор.смес.} = 0,2 \cdot 1000 = 200 \text{ м}^3.$$

Годовая экономия холодной воды с установленным автоматическим сенсорным смесителем, м³:

$$\Delta V_x = k_{eff} \cdot V_{хол.смес.} = 0,2 \cdot 2500 = 500 \text{ м}^3.$$

Тогда годовая экономия в денежном выражении составит, руб.:

$$\mathcal{E} = \Delta V_g \cdot T_{гор} + \Delta V_x \cdot T_{хол} = 200 \cdot 80 + 500 \cdot 20 = 26000 \text{ руб.}$$

При реализации мероприятия «Применение автоматических сенсорных смесителей» достигается экономия в размере 62 000 руб.

Затраты на замену всех смесителей составят:

$$\text{Затраты}_{\Sigma} = N_{смес} \cdot \text{Затраты}_1 = 12 \cdot 8000 = 96 000 \text{ руб.},$$

что определяет общий объем инвестиций в данное мероприятие. Таким образом, используя формулу (1), находим срок окупаемости мероприятия:

$$DP = \frac{Inv}{E_t} = \frac{96 000}{62 000} = 1,54 \text{ года}$$

Как видно из приведенного расчета, мероприятие «Применение автоматических сенсорных смесителей» окупится за два года.

4.9. Описание мероприятия «Улучшение теплозащитных свойств ограждающих конструкций здания (кровля)»

Интерес представляет энергосберегающий эффект от замены изношенной и несовременной тепловой изоляции с низким коэффициентом сопротивления теплопередаче на новую, имеющую более высокие показатели теплозащиты. Помимо этого за счёт замены изоляции значительно

снижаются теплопотери за счёт нагрева инфильтрационного воздуха, которые являются следствием неплотностей. Эти потери зачастую составляют более 25% от общих теплопотерь помещения.

Данное мероприятие может быть использовано для снижения тепловых потерь через наружные ограждения и для устранения выпадения конденсата на внутренней поверхности наружных ограждений. Может привести к изменению класса энергетической эффективности здания.

Приведенное сопротивление теплопередаче отдельных элементов ограждающих конструкций здания является одним из нормируемых показателей тепловой защиты здания. Нормативные значения устанавливаются в зависимости от градусо-суток отопительного периода и представлены в табл. 4 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003». Для соблюдения нормативных значений сопротивления теплопередаче применяются многослойные ограждающие конструкции с утеплителем. В качестве утеплителя могут применяться минераловатные плиты, пенополистирол, эковата и другие материалы, обладающие низкой теплопроводностью.

Существуют два основных типа кровель: плоские (рис. 1) и скатные (рис. 2). Структура кровли обоих типов включает в себя несущие конструкции и кровельный пирог. В ходе утепления кровли, как правило, весь кровельный пирог подлежит замене.

Стяжка поверх слоя утеплителя на плоских кровлях выполняется в том случае, если предполагается, что кровля будет эксплуатируемой. В остальных случаях оправдано применение теплоизоляционных материалов, способных упруго деформироваться под весом человека с минимальными остаточными деформациями. Допускается укладка утеплителя в два слоя: нижний – мягкий, верхний – жесткий.

При наличии внутренних водостоков необходимо создавать уклон с помощью сыпучих материалов (как правило, керамзитовый гравий).

В скатной кровле утеплитель должен быть закреплен на несущих конструкциях во избежание его перемещений под собственным весом. Для крепления применяются тарельчатые дюбели или клей.

Энергетический и экономический эффекты от утепления кровель зависят от климатических условий размещения объекта.

Область применения

Здания и помещения, имеющие кровлю с низкими теплозащитными свойствами.

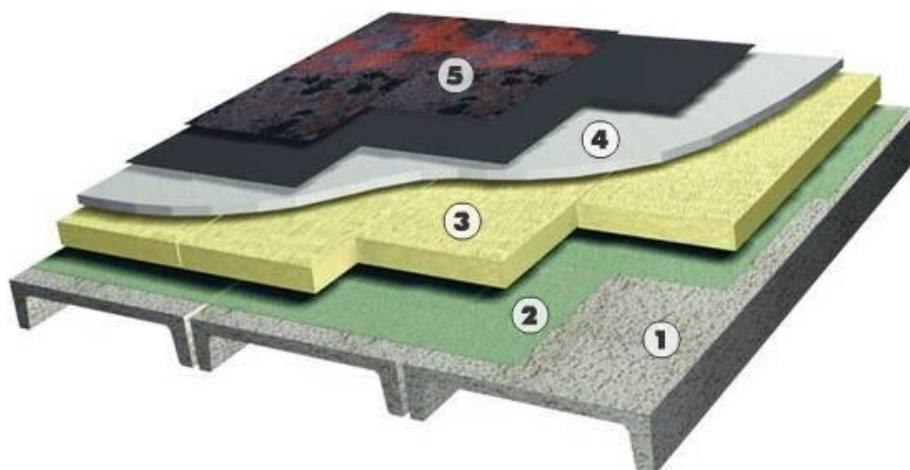


Рисунок 1. Структура плоской кровли: 1 – плиты покрытия; 2 – слой пароизоляции; 3 – слой утеплителя; 4 – железобетонная стяжка; 5 – слой гидроизоляции (рулонной или наплавляемой)

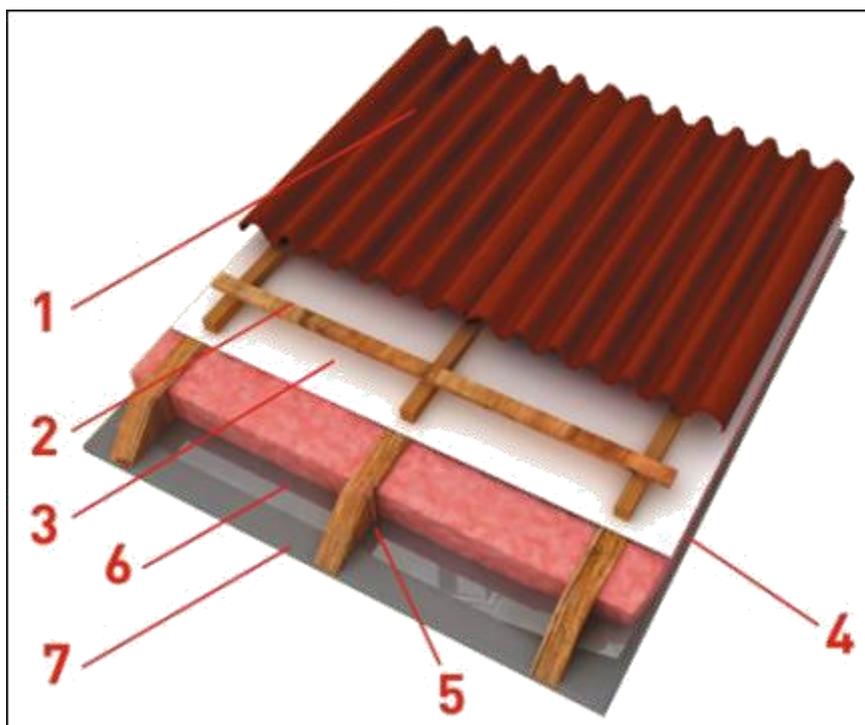


Рисунок 2. Структура скатной кровли: 1 – черепица или другой кровельный материал; 2 – шаговая (поперечная) обрешетка; 3 – ветро- и влагозащитная мембрана; 4 – слой утеплителя; 5 – стропила; 6 – слой пароизоляции; 7 – слой внутренней отделки

Методика расчёта эффективности мероприятия

Шаг 1. Средняя за отопительный период тепловая мощность, передаваемая через кровлю, определяется по формуле, Вт:

$$Q = (t_{\text{в}} - t_{\text{нар}}^{\text{ср}}) \cdot \frac{F}{R}, \quad (1)$$

где $t_{\text{в}}$ [°C] - средняя температура воздуха в помещении;

$t_{\text{нар}}^{\text{ср}}$ [°C] - средняя температура наружного воздуха за отопительный период;

F [м²] – площадь кровли;

R $\left[\frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \right]$ – термическое сопротивление, определяется по формуле 2:

$$R = \frac{1}{\alpha_{\text{внутр}}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{\text{нар}}}, \quad (2)$$

где $\alpha_{\text{внутр}} \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right]$ - коэффициент теплоотдачи от внутреннего воздуха к кровле (см. Приложение, таблица 1);

δ [м] – толщина теплоизоляционного слоя;

$\lambda \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}} \right]$ - коэффициент теплопроводности теплоизоляционного слоя (см.

Приложение, таблица 3);

$\alpha_{\text{нар}} \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right]$ - коэффициент теплоотдачи от кровли в окружающей среде

(см. Приложение, таблица 2).

Шаг 2. Средняя за отопительный период тепловая мощность, передаваемая через кровлю, определяется дважды – до внедрения мероприятия и после внедрения мероприятия.

После чего рассчитывается экономия тепла за отопительный период ΔQ как разница между тепловой мощностью, передаваемой через ограждающую конструкцию здания (кровлю) до внедрения и после внедрения мероприятия.

$$\Delta Q = (Q_1 - Q_2) \cdot n \cdot C, \quad (3)$$

где ΔQ [кВт·час, Гкал] – экономия тепловой энергии за год от внедрения мероприятия;

n [час] – длительность отопительного периода,

C – коэффициент перевода кВт·ч в Гкал равный $0,86 \cdot 10^{-3}$.

Шаг 3. Годовая экономия в денежном выражении, руб.:

$$\Delta \text{Э} = \Delta Q \cdot T_{\text{т.э.}} \quad (4)$$

где $T_{\text{т.э.}}$ [руб./Гкал] - тариф на тепловую энергию.

Пример расчёта:

Площадь кровли $F = 580 \text{ м}^2$.

Материал кровли до внедрения мероприятия – плиты жёсткие минераловатные на органофосфатном связующем. Толщина – 50 мм,

коэффициент теплопроводности $0,09 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$.

Нормативное термическое сопротивление кровли $R_0 = 4,83 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$
(определяется по рис. 1., Приложение).

Расчётная температура внутреннего воздуха $t_{в} = 20 \text{ °C}$.

Средняя температура наружного воздуха за отопительный период
 $t_{нар}^{cp} = -3,1 \text{ °C}$.

Средняя продолжительность отопительного периода, $n = 214$ суток.

Тариф на тепловую энергию $T_{м.э.} = 1818,70$ руб./Гкал.

Расчет:

Рассчитаем по формуле (2) термическое сопротивление теплоизоляционного слоя кровли до внедрения мероприятия:

$$R_{ст} = \frac{1}{\alpha_{внутр}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{нар}} = \frac{1}{12} + \frac{0,05}{0,09} + \frac{1}{8,7} = 0,75 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}.$$

Средняя за отопительный период тепловая мощность, передаваемая через кровлю, до внедрения мероприятия:

$$Q_1 = (t_{в} - t_{нар}^{cp}) \cdot \frac{F}{R} = \frac{1}{0,75} \cdot 580 \cdot (20 - (-3,1)) = 17864 \text{ Вт} = 17,9 \text{ кВт}.$$

Средняя за отопительный период тепловая мощность, передаваемая через кровлю, после внедрения мероприятия:

$$Q_2 = (t_{в} - t_{нар}^{cp}) \cdot \frac{F}{R_0} = \frac{1}{4,83} \cdot 580 \cdot (20 - (-3,1)) = 2773 \text{ Вт} = 2,8 \text{ кВт}.$$

Экономия тепла за отопительный период:

$$\Delta Q = (Q_1 - Q_2) \cdot n \cdot C = (17,9 - 2,8) \cdot 214 \cdot 24 \cdot 0,86 \cdot 10^{-3} = 67 \text{ Гкал}.$$

Годовая экономия в денежном выражении при тарифе $T_{ТЭ} = 1818,70$ руб./Гкал:

$$\Delta Э = \Delta Q \cdot T_{ТЭ} = 67 \cdot 1818,70 = 121 \text{ 853 руб.}$$

При реализации мероприятия «Улучшение теплозащитных свойств ограждающих конструкций здания (кровля)» за отопительный период достигается экономия в размере 121 853 руб.

Определим затраты на реализацию мероприятия:

Наиболее распространенным из материалов, используемых для утепления кровли, является пенополистирол. Данный материал обладает низкой теплопроводностью, соответственно для достижения термического сопротивления R_0 понадобятся плиты с небольшой толщиной, что в целом удешевляет стоимость мероприятия. Коэффициент теплопроводности пенополистирола равен $\lambda_{\text{пенополистирол}} = 0,028 \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}} \right]$. Определим из этого условия толщину плит δ [м], необходимых для достижения термического сопротивления R_0 .

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{\text{внутр}}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{\text{нар}}} \rightarrow \delta = \left(R_0 - \frac{1}{\alpha_{\text{внутр}}} - \frac{1}{\alpha_{\text{нар}}} \right) \cdot \lambda = \left(4,83 - \frac{1}{12} - \frac{1}{8,7} \right) \cdot$$

$$0,028 = 4,64 \cdot 0,028 = 0,13 \text{ м}$$

Необходимая толщина плиты пенополистирола составляет $\delta = 0,13$ м.

Цена пенополистирола – 440 руб/м².

Стоимость материала составляет – 259600 руб за 580 м². Данная стоимость включает в себя также стоимость работ по демонтажу старого утеплителя и по монтажу нового.

Затраты на утепление с учетом материалов и стоимости работ составляют 259 600 руб., что определяет общий объем инвестиций в данное мероприятие. Таким образом, используя формулу 1, находим срок окупаемости мероприятия:

$$DP = \frac{Inv}{E_t} = \frac{259\,600}{121\,853} = 2,13 \text{ лет}$$

Как видно из приведенного расчета, мероприятие «Улучшение теплозащитных свойств ограждающих конструкций здания (кровля)» окупится примерно за 3 года.

4.10. Описание мероприятия «Утепление внутренних перегородок»

Интерес представляет энергосберегающий эффект от замены изношенной и несовременной тепловой изоляции с низким коэффициентом

сопротивления теплопередаче на новую, имеющую более высокие показатели теплозащиты. Помимо этого за счёт замены изоляции значительно снижаются теплопотери за счёт нагрева инфильтрационного воздуха, которые являются следствием неплотностей. Эти потери зачастую составляют более 25% от общих теплопотерь помещения.

Мероприятие по утеплению внутренних перегородок может быть использовано для снижения тепловых потерь через внутренние ограждения при разнице температур в помещениях, разделяемых перегородками, от 6 °С и более.

Данное мероприятие позволяет избежать самопроизвольных теплоперетоков из помещений с комфортными условиями в помещения с более низкими требованиями к микроклимату (рис. 1).

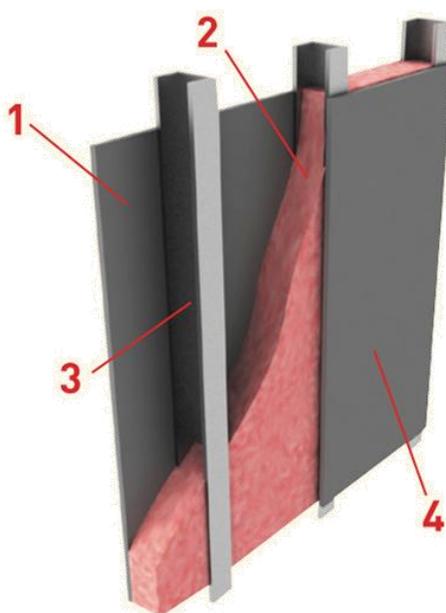


Рисунок 1. Утепленная перегородка: 1, 4 – листы из гипсокартона, 2 – тепловая изоляция, 3 – каркас из металлического профиля

Экономия тепловой энергии происходит лишь в том случае, когда за счет перетоков тепла температура в холодном помещении превышает нормативную. Энергетический и экономический эффекты от утепления перегородок зависят от перепада температур в помещениях, от площади и

сопротивления теплопередаче наружных ограждений более холодного помещения.

Область применения

Здания и помещения, имеющие внутренние перегородки с низкими теплозащитными свойствами.

Методика расчёта эффективности мероприятия

Шаг 1. Средняя за отопительный период тепловая мощность, передаваемая через внутреннее ограждение, определяется по формуле, Вт:

$$Q = (t_{\text{в}} - t_{\text{нар}}^{\text{ср}}) \cdot \frac{F}{R}, \quad (1)$$

где $t_{\text{в}}$ [°C] - средняя температура воздуха в помещении;

$t_{\text{нар}}^{\text{ср}}$ [°C] - средняя температура в неотапливаемом помещении за отопительный период;

F [м²] – площадь внутренних перегородок, требующих утепления;

R $\left[\frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}\right]$ – термическое сопротивление, определяется по формуле 2:

$$R = \frac{1}{\alpha_{\text{внутр}}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{\text{нар}}}, \quad (2)$$

где $\alpha_{\text{внутр}}$ $\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}\right]$ - коэффициент теплоотдачи от внутреннего воздуха перегородке (см. Приложение, таблица 1);

δ [м] – толщина теплоизоляционного слоя;

λ $\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}\right]$ - коэффициент теплопроводности теплоизоляционного слоя (см.

Приложение, таблица 3);

$\alpha_{\text{нар}}$ $\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}\right]$ - коэффициент теплоотдачи от перегородки к наружному воздуху (см. Приложение, таблица 2).

Шаг 2. Средняя за отопительный период тепловая мощность, передаваемая через внутреннее ограждение, определяется дважды – до внедрения мероприятия и после внедрения мероприятия.

После чего высчитывается экономия тепла за отопительный период ΔQ как разница между тепловой мощностью, передаваемой через внутреннее ограждение до внедрения и после внедрения мероприятия.

$$\Delta Q = (Q_1 - Q_2) \cdot n \cdot C, \quad (3)$$

где ΔQ [кВт·час, Гкал] – экономия тепловой энергии за год от внедрения мероприятия;

n [час] – длительность отопительного периода;

C – это коэффициент перевода кВт·ч в Гкал, равный $0,86 \cdot 10^{-3}$.

Шаг 3. Годовая экономия в денежном выражении, руб.:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta Q \cdot T_{\text{Т.Э.}} \quad (4)$$

где $T_{\text{Т.Э.}}$ [руб./Гкал] - тариф на тепловую энергию.

Пример расчёта

Пять помещений, в которых поддерживается одинаковая температура $t = 21^\circ\text{C}$, выходят одной из стен в неотапливаемый коридор $t_{\text{нар}}^{\text{ср}} = -5^\circ\text{C}$.

Площади стен помещений 1, 2, 3, выходящих в неотапливаемый коридор, совпадают и составляют $F_1 = 7,5 \text{ м}^2$

Площади стен помещений 4, 5, выходящих в неотапливаемый коридор, также совпадают и составляют $F_2 = 10 \text{ м}^2$.

Материал стен:

- кирпич глиняный однослойный на цементно-песчаном растворе, коэффициент теплопроводности $\lambda_1 = 0,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot^\circ\text{C}}$ и толщиной $\delta_1 = 65 \text{ мм}$;

- гипсокартон (с обеих сторон) коэффициент теплопроводности $\lambda_2 = 0,15 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot^\circ\text{C}}$ и толщиной $\delta_2 = 10 \text{ мм}$.

Определить годовую экономию тепловой энергии после утепления стен (с обеих сторон) пенопластом с коэффициент теплопроводности $\lambda_3 = 0,047 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot^\circ\text{C}}$ и толщиной $\delta_3 = 10 \text{ мм}$.

Средняя продолжительность отопительного периода, $n = 214$ суток.

Тариф на тепловую энергию, $T_{ТЭ} = 1818,70$ руб./Гкал

Расчет:

Определим термическое сопротивление стены до утепления и после утепления:

$$R_1 = \frac{1}{\alpha_{\text{внутр}}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{\text{нар}}} = \frac{1}{\alpha_{\text{внутр}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{2 \cdot \delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_{\text{нар}}} = \frac{1}{6} + \frac{0,065}{0,7} + \frac{0,02}{0,15} + \frac{1}{12} = 0,47 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}};$$

$$R_2 = \frac{1}{\alpha_{\text{внутр}}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{\text{нар}}} = \frac{1}{\alpha_{\text{внутр}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{2 \cdot \delta_2}{\lambda_2} + \frac{2 \cdot \delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_{\text{нар}}} = \frac{1}{6} + \frac{0,065}{0,7} + \frac{0,02}{0,15} + \frac{0,02}{0,047} + \frac{1}{12} = 0,9 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}.$$

Средняя за отопительный период тепловая мощность, передаваемая через внутреннюю перегородку, до внедрения мероприятия:

$$Q = (t_{\text{в}} - t_{\text{нар}}^{\text{ср}}) \cdot \frac{F}{R} = (21 - (-5)) \cdot \frac{7,5 + 7,5 + 7,5 + 10 + 10}{0,47} = 2,35 \text{ кВт}.$$

Средняя за отопительный период тепловая мощность, передаваемая через утепленную внутреннюю перегородку, после внедрения мероприятия:

$$Q = (t_{\text{в}} - t_{\text{нар}}^{\text{ср}}) \cdot \frac{F}{R} = (21 - 5) \cdot \frac{7,5 + 7,5 + 7,5 + 10 + 10}{0,9} = 1,23 \text{ кВт}.$$

Экономия тепла за отопительный период:

$$\Delta Q = (Q_1 - Q_2) \cdot n \cdot C = (2,35 - 1,23) \cdot 214 \cdot 24 \cdot 0,86 \cdot 10^{-3} = 4,93 \text{ Гкал}.$$

Годовая экономия в денежном выражении при тарифе $T_{ТЭ} = 1818,70$ руб./Гкал:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta Q \cdot T_{ТЭ} = 4,93 \cdot 1818,70 = 8\,967 \text{ руб}.$$

При реализации мероприятия «Утепление внутренних перегородок» за отопительный период достигается экономия в размере 8 967 руб. Затраты на утепление с учетом материалов и стоимости работ составляют 2500 руб., что определяет общий объем инвестиций в данное мероприятие. Таким образом, используя формулу 1, находим срок окупаемости мероприятия:

$$DP = \frac{Inv}{E_t} = \frac{2\,500}{8\,967} = 0,28 \text{ лет}$$

Как видно из приведенного расчета, мероприятие «Утепление внутренних перегородок» окупится примерно за 1 год.

4.11. Описание мероприятия «Утепление наружных дверей и ворот»

Значительного энергосберегающего эффекта можно добиться при замене изношенных и несовременных дверей с низким коэффициентом сопротивления теплопередаче на новые, имеющие более высокие показатели теплозащиты. Устаревшие конструкции дверей и ворот зачастую выполнены преимущественно без утеплителей, что приводит к повышенным тепловым потерям через них. Помимо этого за счёт замены дверей значительно снижаются тепловые потери за счёт нагрева инфильтрационного воздуха которые являются следствием неплотностей. Эти потери могут составлять до 15% от общих тепловых потерь помещения. Данное мероприятие может быть использовано как для снижения тепловых потерь через наружные ограждения, так и для устранения выпадения конденсата на внутренней поверхности наружных ограждений.

Современные модели дверей могут включать в себя помимо механической защиты тепловую и звуковую изоляцию (рис. 1). Каждой двери присваивается класс сопротивления теплопередаче. Наиболее утепленным дверям присваивается I класс, менее утепленным – II и III классы.

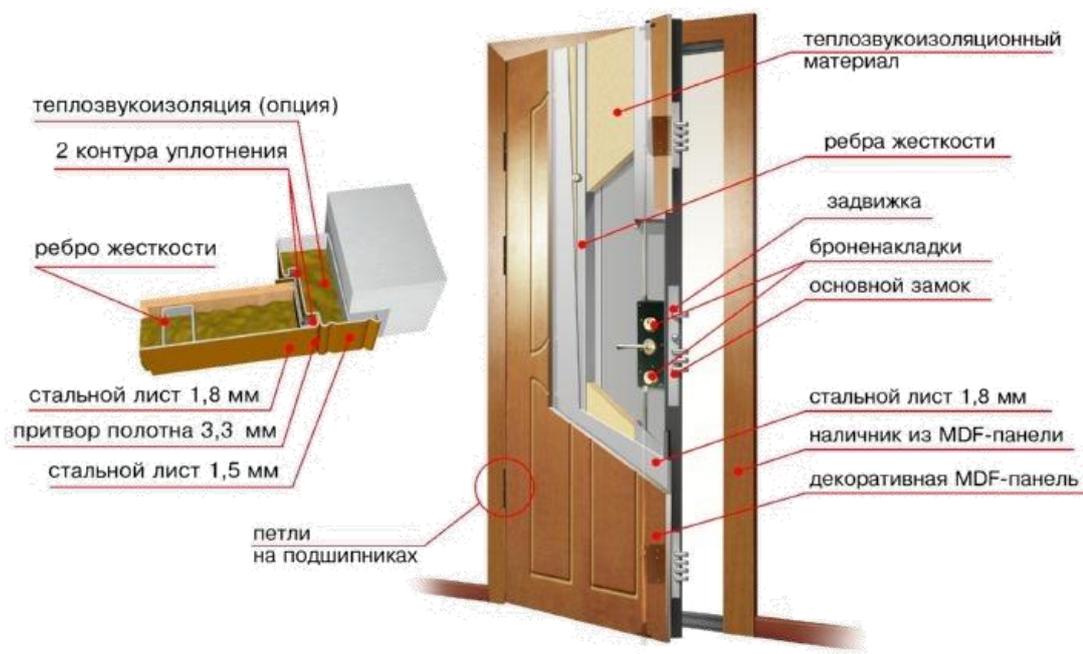


Рисунок 1. Наружная дверь с теплозвукоизоляцией

Область применения

Здания и помещения, имеющие изношенные двери с низкими теплозащитными свойствами.

Методика расчёта эффективности мероприятия

Шаг 1. Средняя за отопительный период тепловая мощность, передаваемая через двери и ворота, определяется по формуле, Вт:

$$Q = (t_{в} - t_{нар}^{cp}) \cdot \frac{F}{R'} \quad (1)$$

где $t_{в}$ [°C] - средняя температура воздуха в помещении;

$t_{нар}^{cp}$ [°C] - средняя температура наружного воздуха за отопительный период в г. Томске;

F [м²] – площадь кровли;

R $\left[\frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \right]$ – термическое сопротивление, определяется по формуле 2:

$$R = \frac{1}{\alpha_{внутр}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{нар}}, \quad (2)$$

где $\alpha_{\text{внутр}} \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right]$ - коэффициент теплоотдачи от внутреннего воздуха к двери (см. Приложение, таблица 1),

δ [м] – толщина теплоизоляционного слоя,

$\lambda \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}} \right]$ - коэффициент теплопроводности теплоизоляционного слоя (см.

Приложение, таблица 3),

$\alpha_{\text{нар}} \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right]$ - коэффициент теплоотдачи от двери окружающей среде (см.

Приложение, таблица 2).

Шаг 2. Средняя за отопительный период тепловая мощность, передаваемая через двери и ворота, определяется дважды – до внедрения мероприятия и после внедрения мероприятия.

После чего высчитывается экономия тепла за отопительный период ΔQ как разница между тепловой мощностью, передаваемой через двери и ворота до внедрения и после внедрения мероприятия.

$$\Delta Q = (Q_1 - Q_2) \cdot n \cdot 24, \quad (3)$$

где Q_1 и Q_2 [Гкал] – потери тепловой энергии соответственно до и после внедрения мероприятия.

Шаг 3. Годовая экономия в денежном выражении, руб.:

$$\Delta \text{Э} = \Delta Q \cdot T_{\text{ТЭ}} \quad (4)$$

где $T_{\text{ТЭ}}$ [руб./Гкал] – тариф на тепловую энергию.

Пример расчёта

Необходимые данные:

Суммарная площадь четырех стальных дверей, требующих утепления составляет $F = 6 \text{ м}^2$. Двери полые, толщина полости составляет 50 мм. Толщина двери $\delta_1 = 60$ мм, коэффициент теплопроводности $\lambda_1 = 54 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$

Расчётная температура внутреннего воздуха, $t_e = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$

Средняя температура наружного воздуха за отопительный период,

$$t_{\text{нар}}^{\text{ср}} = -3,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Средняя продолжительность отопительного периода, $n = 214$ суток.

Тариф на тепловую энергию, $T_{ТЭ} = 1818,70$ руб./Гкал

Необходимо определить годовую экономию тепловой энергии после заполнения полостей дверей пенополистиролом с коэффициентом теплопроводности $\lambda_2 = 0,028 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$.

Расчет:

Определим, для начала, термическое сопротивление двери до реализации мероприятия и после:

$$R_1 = \frac{1}{\alpha_{\text{внутр}}} + 2 \cdot \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_{\text{нар}}} = \frac{1}{8,7} + 2 \cdot \frac{0,005}{54} + \frac{1}{23} = 0,2 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}};$$

$$R_2 = \frac{1}{\alpha_{\text{внутр}}} + 2 \cdot \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_{\text{нар}}} = \frac{1}{8,7} + 2 \cdot \frac{0,005}{54} + \frac{0,05}{0,028} + \frac{1}{23} = 2,0 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}.$$

Средняя за отопительный период тепловая мощность, передаваемая через устаревшую изношенную дверь, до внедрения мероприятия:

$$Q_1 = (t_{\text{в}} - t_{\text{нар}}^{\text{ср}}) \cdot \frac{F}{R} = (21 - (-3,1)) \cdot \frac{6}{0,2} = 723 \text{ Вт} = 0,7 \text{ кВт}.$$

Средняя за отопительный период тепловая мощность, передаваемая через утепленную металлическую дверь, после внедрения мероприятия:

$$Q_2 = (t_{\text{в}} - t_{\text{нар}}^{\text{ср}}) \cdot \frac{F}{R} = (21 - (-3,1)) \cdot \frac{6}{2,0} = 72,3 \text{ Вт} = 0,07 \text{ кВт}.$$

Экономия тепла за отопительный период:

$$\Delta Q = (Q_1 - Q_2) \cdot n \cdot C = (0,7 - 0,07) \cdot 214 \cdot 24 \cdot 0,68 \cdot 10^{-3} = 2,2 \text{ Гкал}.$$

Годовая экономия в денежном выражении при тарифе $T_{ТЭ} = 1818,70$ руб./Гкал:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta Q \cdot T_{ТЭ} = 2,2 \cdot 1818,70 = 4002 \text{ руб}.$$

При реализации мероприятия «Утепление наружных дверей и ворот» за отопительный период достигается экономия в размере 4002 руб. Затраты на утепление с учетом материалов и стоимости работ составляют 8000 руб., что

определяет общий объем инвестиций в данное мероприятие. Таким образом, используя формулу 1, находим срок окупаемости мероприятия:

$$DP = \frac{Inv}{E_t} = \frac{8\,000}{4\,002} = 1,99 \text{ лет}$$

Как видно из приведенного расчета, мероприятие «Утепление наружных дверей и ворот» окупится примерно за 2 года.

4.12. Описание мероприятия «Использование датчиков движения»

Датчик движения - это прибор со встроенным сенсором, который отслеживает уровень ИК излучения. При появлении человека (или другого массивного объекта с температурой большей, чем температура фона) в поле зрения датчика цепь освещения замыкается при условии соответствия уровня освещённости.

Главное преимущество датчиков движения для монтажников – это простая установка и их настройка для последующей работы: не требуется прокладка специальных сетей управления или применение дополнительного дорогостоящего оборудования. Датчики устанавливаются в разрыв электрической цепи и сразу готовы к эксплуатации.

Главная цель данного оборудования – обеспечить пользователю комфорт и экономию энергии. Успешный опыт эксплуатации датчиков движения показывает, что они позволяют сэкономить 70–80 % электрической энергии, затрачиваемой на освещение в здании.



Рисунок 1. Схема подключения датчика движения

Несмотря на почти трехкратное различие в стоимости энергии, сроки окупаемости установки датчиков движения для России составляют 1–2 года, в зависимости от темпов роста цен на электроэнергию и мощности применяемого осветительного оборудования. Учитывая общий срок эксплуатации зданий (40–50 лет), срок окупаемости данного оборудования мал, а применение данного решения позволяет владельцу здания или управляющей компании экономить значительные средства при эксплуатации объекта.

Область применения

Датчики движения устанавливаются в административных и производственных зданиях. Целесообразна их установка в тех помещениях, где человек находится непродолжительное время (коридоры, лестницы, кладовые комнаты и т.д.).

Методика расчёта эффективности

Шаг 1. Для расчёта количества ламп применим формулу:

$$N = \frac{E \cdot k \cdot S_p \cdot Z}{F \cdot h} \quad (1)$$

где E [Лк] – норма освещённости;

k – коэффициент запаса лампы, необходимый для компенсации потерь освещения вследствие её запылённости. Принимается 1,2 для галогеновых и ламп накаливания, для газоразрядных – 1,4;

S_p [м²] – площадь помещения;

Z – коэффициент минимальной освещённости, принимаемый для ламп накаливания и газоразрядных ламп высокого давления 1,15, для люминисцентных ламп 1,1;

F [лм] – световой поток 1 лампы, определяемый по формуле:

$$F = g \cdot P_{л}, \quad (2)$$

где $P_{л}$ [Вт] – электрическая мощность лампы;

g [лм/Вт] – светоотдача от лампы (для люминисцентных равна 0,45лм/Вт);

h – коэффициент использования светового потока, зависит от индекса помещения, высоты подвеса светильников, типа ламп.

Индекс помещения i определяется по формуле:

$$i = \frac{AB}{H_p(A + B)} \quad (3)$$

где A [м] и B [м] – длина и ширина помещения;

H_p [м] – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью.

Зная количество светильников и единичную мощность, можем определить суммарную осветительную мощность:

$$P_{\Sigma} = P_1 \cdot N, \text{ Вт} \quad (4)$$

Таблица 2. Значение коэффициента использования светового потока h

i	Светлые административно-конторские	Производственные помещения с незначительными	Пыльные производственные помещения

	помещения	пылевыведениями	
0,5	28	21	18
1	49	40	36
3	73	61	58
5	80	67	65

Шаг 2. Пусть до установки датчика освещение работало в течение 8 ч в день.

После установки датчика движения освещение включается только в случае присутствия человека в зоне действия датчика. На основании экспериментальных данных время работы освещения при наличии датчика снижается на 40-50 %. Месячная экономия электроэнергии составит, кВт·ч:

$$\Delta W = \frac{P_{\Sigma} \cdot n_1 \cdot k_{\varepsilon}}{1000}, \quad (5)$$

где n_1 – число часов работы системы освещения в месяц до установки датчика,

k_{ε} – коэффициент экономии (на основе практических данных).

Шаг 3. Годовая экономия в денежном выражении, руб.:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta W \cdot T_{\varepsilon}, \quad (6)$$

где T_{ε} [руб./кВт·ч] – тариф на электрическую энергию.

Пример расчёта:

Необходимые данные:

Оценить годовую экономию электрической энергии в натуральном и денежном выражении в пыльном производственном помещении.

Минимальная освещённость принимается по норме: $E = 300$ Лк.

Коэффициент запаса лампы принимаем $k = 1,2$ для галогеновых ламп.

Площадь помещения $S_p = 16 \cdot 20 = 320$ м².

Z – коэффициент минимальной освещённости принимается 1,1.

Выбираем лампы ЛБ-18.

$$P_{л} = 18 \text{ Вт}$$

$$g = 0,45 \text{ лм/Вт.}$$

Расчет:

Световой поток лампы составит:

$$F = 18 \cdot 0,45 = 810 \text{ лм.}$$

Индекс помещения:

$$i = \frac{16 \cdot 20}{(16 + 20) \cdot 3} = \frac{320}{36 \cdot 3} = 2,96.$$

Соответственно, исходя из данных таблицы 1, коэффициент использования светового потока $h = 0,58$.

Тогда число ламп составит:

$$N = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 1,1 \cdot 320}{810 \cdot 0,58} = 337 \text{ шт.}$$

Суммарная мощность освещения в помещении составит:

$$P_{\Sigma} = 337 \cdot 18 = 6066, \text{ Вт.}$$

Месячная экономия электроэнергии:

$$\Delta W = \frac{6066}{1000} \cdot (8 \cdot 30) \cdot 0,4 = 582,33 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Годовая экономия в денежном выражении при тарифе $T_{э\text{э}} = 4,60 \text{ руб./кВт}$.

$$\Delta \text{Э} = \Delta W \cdot T_{э\text{э}} = 582,33 \cdot 4,60 \cdot 12 = 32 \text{ 145 руб.}$$

При реализации мероприятия «Использование датчиков движения» за год достигается экономия в размере 32 145 руб. Затраты на установку 10 датчиков движения с учетом материалов и стоимости работ составляют 10 000 руб., что определяет общий объем инвестиций в данное мероприятие. Таким образом, используя формулу 1, находим срок окупаемости мероприятия:

$$DP = \frac{Inv}{E_t} = \frac{10 \text{ 000}}{32 \text{ 145}} = 0,31 \text{ года}$$

Как видно из приведенного расчета, мероприятие «Использование датчиков движения» окупится примерно за 1 год.

4.13. Описание мероприятия «Монтаж низкоэмиссионных пленок на окна»

Монтаж низкоэмиссионных пленок на окна приводит к повышению уровня теплозащиты окон и экономии тепловой энергии на подогрев инфильтрующегося через окна холодного воздуха, ввиду снижения воздухопроницаемости. За счёт проведения монтажа низкоэмиссионных пленок значительно снижаются теплопотери за счёт нагрева инфильтрационного воздуха, которые являются следствием неплотностей. Эти потери зачастую составляют более 60% от общих теплопотерь помещения.

Применение данного энергосберегающего мероприятия имеет ряд преимуществ по сравнению, например, с мероприятием по замене окон на энергосберегающие (с К, И-покрытиями), а именно:

- не требует больших капитальных затрат, возникающих при замене окон, поскольку пленка наклеивается на окно изнутри помещения.
- исключаются дополнительные затраты на транспортировку, монтаж.
- пленка является солнцезащитной пленкой селективного типа, т.е. пропускает видимый свет и отражает инфракрасное излучение, в том числе и тепловое.
- удерживание стекла в раме в случае разбиения или взрыва, уменьшая тем самым вероятность человеческих жертв и защищая имущество.

Таблица 3. Технические характеристики низкоэмиссионной пленки

Наименование показателя	Значения
Пропускание солнечной энергии, %	22
Отражение солнечной энергии, %	36

Поглощение солнечной энергии, %	42
Пропускание видимого света, %	32
Отражение видимого света, %	35
Коэффициент затенения	0,35
Сокращение УФ-света, %	99,9
Доля общего сокращения солнечной энергии, %	69
Коэффициент эмиссии	0,33

Методика расчёта эффективности

Шаг 1. Потери тепла Q_T через 1 м² обычного стеклопакета, Гкал/м²:

$$Q_T = \frac{(t_{вн} - t_n)}{\frac{1}{\alpha_n} + R_0 + \frac{1}{\alpha_b}} \cdot 860,4 \cdot 24 \cdot \frac{N}{10^9}, \quad (1)$$

где $\alpha_b \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}} \right]$ - коэффициент теплоотдачи от внутреннего воздуха к окну;

$R_0 \left[\frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \right]$ - термическое сопротивление стеклопакета;

$\alpha_n \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}} \right]$ - коэффициент теплоотдачи от окна окружающей среде;

$t_{вн} [\text{°C}]$ - средняя температура воздуха в помещении;

$t_n [\text{°C}]$ - средняя температура наружного воздуха за отопительный период;

N – число дней отопительного периода.

Шаг 2. Согласно распределению потерь тепла, потери на излучение составляют, Гкал/м²:

$$Q_{и} = Q_T \cdot 2 \quad (2)$$

Шаг 3. Общие потери тепла через 1 м² окна составляют, Гкал/м²:

$$Q_{окна} = Q_{и} + Q_T \quad (3)$$

Экономический эффект применения низкоэмиссионной пленки основан на снижении потерь тепла излучением. Данные потери снижаются пропорционально коэффициентам эмиссии ε :

$$n = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}, \quad (4)$$

где ε_2 и ε_1 – соответственно коэффициент эмиссии стекла до и после внедрения мероприятия.

Шаг 4. Потери через 1 м^2 окна при применении низкоэмиссионной пленки, Гкал/м²:

$$Q_{\text{эмис.окна}} = \frac{Q_{\text{и}}}{n} + Q_{\text{т}} \quad (5)$$

Шаг 5. Экономический эффект данного мероприятия составляет, Гкал:

$$\Delta Q = (Q_{\text{окна}} - Q_{\text{эмис.окна}}) \cdot F \quad (6)$$

где $F [\text{м}^2]$ – площадь остекления.

Годовая экономия в денежном выражении, руб.:

$$\Delta \text{Э} = \Delta Q \cdot T_{\text{тэ}}, \quad (7)$$

где $T_{\text{тэ}} [\text{руб./Гкал}]$ – тариф на тепловую энергию.

Пример расчёта

Расчетная температура внутреннего воздуха, $t_{\text{нв}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;

Расчетная температура наружного воздуха, $t_{\text{н}} = -9,7 \text{ }^\circ\text{C}$;

Коэффициент теплоотдачи к внутреннему воздуху, $\alpha_{\text{в}} = 8,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$;

Коэффициент теплоотдачи к наружному воздуху, $\alpha_{\text{н}} = 25 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$;

Термическое сопротивление оконного блока $R_0 = 0,37 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$;

Площадь остекления $F = 250 \text{ м}^2$.

Расчет:

Потери тепла $Q_{\text{т}}$ через 1 м^2 обычного стеклопакета, Гкал/м²:

$$Q_{\text{т}} = \frac{20 + 9,7}{\left(\frac{1}{25}\right) + 0,37 + \left(\frac{1}{8,7}\right)} \cdot 860,4 \cdot 24 \cdot \frac{226}{10^9} = 0,246.$$

Согласно распределению потерь тепла, потери на излучение составляют, Гкал/м²:

$$Q_{\text{и}} = 0,246 \cdot 2 = 0,492.$$

Общие потери тепла через 1 м² окна составляют, Гкал/м²:

$$Q_{\text{окна}} = Q_{\text{и}} + Q_{\text{т}} = 0,492 + 0,246 = 0,738.$$

Потери через 1 м² окна при применении низкоэмиссионной пленки, Гкал/м²:

$$Q_{\text{эмис.окна}} = \frac{Q_{\text{и}}}{n} + Q_{\text{т}};$$

Коэффициент снижения потерь излучения:

$$n = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \frac{0,83}{0,33} = 2,5.$$

Потери через 1 м² окна при применении низкоэмиссионной пленки, Гкал/м²:

$$Q_{\text{эмис.окна}} = \frac{0,492}{2,5} + 0,246 = 0,443.$$

Экономический эффект данного мероприятия составляет, Гкал:

$$\Delta Q = (0,738 - 0,443) \cdot 250 = 73,75 .$$

В денежном эквиваленте, при тарифе $T_{\text{ТЭ}} = 1342,11$ руб./Гкал, экономия за отопительный период составит

$$\Delta \text{Э} = \Delta Q \cdot T_{\text{ТЭ}} = 73,75 \cdot 1342,11 = 98\,980,61 \text{ руб.}$$

При реализации мероприятия «Монтаж низкоэмиссионных пленок на окна» за год достигается экономия в размере 98 980,61 руб. Цена термоэмиссионной пленки с учетом монтажа – 600 руб/м². Тогда стоимость работ за монтаж пленки на 250 м² оконной поверхности 150 000 руб. Таким образом, используя формулу 1, находим срок окупаемости мероприятия:

$$DP = \frac{Inv}{E_t} = \frac{150\,000}{98\,980,61} = 2 \text{ года.}$$

Примерный срок эксплуатации термоэмиссионной пленки составляет 5 лет, тогда за 5 лет данное мероприятие принесет прибыль организации в размере примерно 300 000 руб.

4.14. Описание мероприятия «Монтаж теплоотражающих конструкций за радиаторами отопления»

Отопительные приборы в обычной практике устанавливают у наружных стен помещения. Работающий прибор активно нагревает участок стены, расположенный непосредственно за ним. Таким образом, температура этого участка значительно выше, чем остальная область стены, и может достигать 50°C. Вместо того, чтобы использовать все тепло для обогрева воздуха внутри помещения, радиатор усердно расходует тепло на обогрев холодных кирпичей или бетонных плит наружной стены здания.

Это является причиной увеличенных тепловых потерь. Если батарея установлена в нише, тепловые потери будут еще больше, поскольку тонкая задняя стенка ниши обладает еще более низким сопротивлением теплопередаче, чем целая стена.

Существенно снизить тепловые потери в данной ситуации позволяет установка теплоотражающих экранов, изолирующих участки стен, расположенные за отопительными приборами. В качестве таких экранов используются материалы с низким коэффициентом теплопроводности (около 0,05 Вт/м·°C), например, пенофол — вспененная основа с односторонним фольгированием. Но в принципе, теплоотражающим экраном может служить даже обычная фольга. Рекомендуемая толщина изоляции 3-5мм. Отражающий слой должен быть обращен в сторону источника тепла.

За счёт установки теплоотражающего экрана достигается снижение лучистого теплового потока, нагревающего наружную стену в месте за радиатором (рис. 1). Установка подобных отражателей является малозатратным способом экономии энергии с низким сроком окупаемости (около 1-2 лет). При наличии в помещении недотопа, установка таких экранов помогает повысить температуру и приблизить её к комфортной. При наличии термостатического вентиля и приборов учёта тепловой энергии следствием установки будет экономия тепла.

При установке теплоотражающего экрана лучше располагать его ближе к поверхности стены, а не к поверхности прибора. Можно прикрепить его к стене с помощью обычного двустороннего скотча, или с помощью степлера – к деревянной рейке. Размер экрана должен несколько превосходить проекцию прибора на участок стены.

Сократив потери тепла с помощью установки теплоотражающего экрана, экономия энергии может составлять для конвекторов с кожухом в 2%, конвекторов без кожуха в 3%, стальных панельных радиаторов — в 4% от теплоотдачи прибора.

Для повышения эффективности теплоотдачи рекомендуется красить радиаторы в темный цвет, поскольку темная поверхность отдает на 5-10 % тепла больше.

Область применения

Жилой фонд, офисы, административные помещения.

Методика расчёта эффективности мероприятия для одного теплового прибора

Шаг 1. В общем случае потери тепла Q_1 [Вт] в помещении определяются по формуле 1:

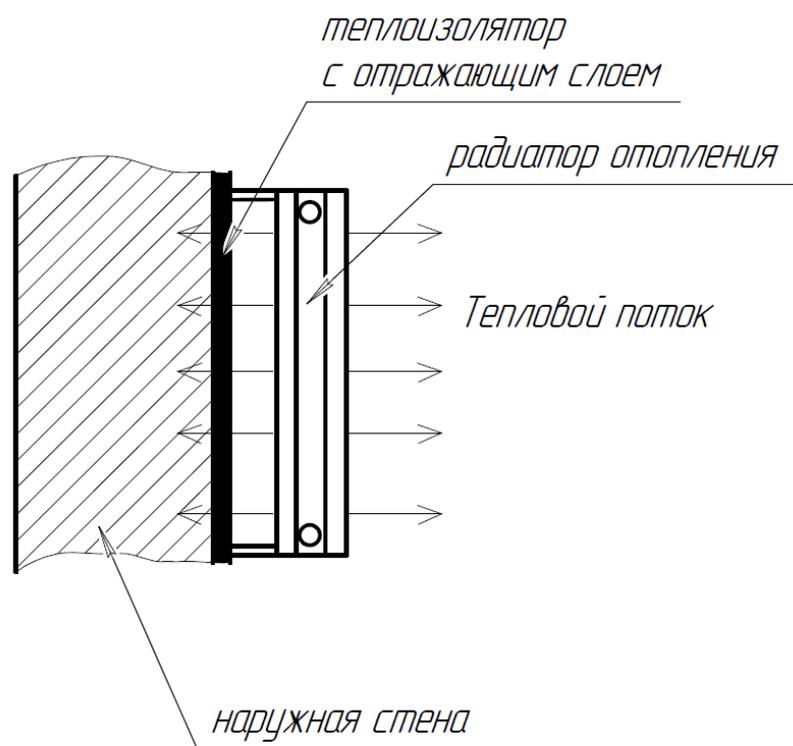


Рисунок 2. Общий вид смонтированного теплоотражателя



Рисунок 3. Пример установки теплоотражающего экрана

$$Q_1 = (t_{\text{ср.бат}} - t_{\text{ср.нар}}) \cdot \frac{F_{\text{бат}}}{R_{\text{ст}}}, \text{ Вт} \quad (1)$$

где $t_{\text{ср.бат}}$ [°C] - средняя температура воздуха между стеной и батареей;

$t_{\text{ср.нар}}$ [°C] - средняя температура наружного воздуха за отопительный период;

$F_{\text{бат}}$ [м²] - площадь проекции отопительного прибора на стену;

$R_{\text{ст}}$ $\left[\frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}\right]$ – фактическое сопротивление теплопередаче стены,

определяется по формуле 2:

$$R_{\text{ст}} = \frac{1}{\alpha_{\text{внутр}}} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{нар}}}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \quad (2)$$

где $\alpha_{\text{внутр}}$ $\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}\right]$ - коэффициент теплоотдачи от внутреннего воздуха к ограждению (см. Приложение, таблица 1);

$\delta_{\text{ст}}$ [м] - толщина стены;

$\lambda_{\text{ст}}$ $\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}\right]$ - коэффициент теплопроводности материала стен (см.

Приложение, таблица 3);

$\alpha_{\text{нар}}$ $\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}\right]$ - коэффициент теплоотдачи от внутреннего воздуха к ограждению (см. Приложение, таблица 2);

Шаг 2. Потери тепла через наружную стену после установки теплоотражающего экрана

$$Q_2 = k \cdot (t_{\text{в}}^{\text{р}} - t_{\text{ср.нар}}) \cdot F_{\text{бат}}, \text{ Вт} \quad (3)$$

где k $\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}\right]$ – коэффициент теплопроводности материала теплоотражающего экрана;

$t_{\text{в}}^{\text{р}}$ [°C] - расчетная температура воздуха в помещении;

$t_{\text{ср.нар}}$ [°C] - средняя температура наружного воздуха за отопительный период;

Шаг 3. Объем тепловой энергии, сэкономленной за отопительный период, составит:

$$\Delta Q = (Q_1 - Q_2) \cdot n \cdot C, \text{ Гкал} \quad (4)$$

где ΔQ [кВт·час, Гкал] – экономия тепловой энергии за год от внедрения мероприятия;

n [час] – длительность отопительного периода;

C – это коэффициент перевода кВт·час в Гкал и равен $0,86 \cdot 10^{-3}$;

Шаг 4. Тогда годовая экономия в денежном выражении составит, руб.:

$$\mathcal{E} = \Delta Q \cdot T, \text{ руб.} \quad (5)$$

где T [руб./Гкал] – тариф на тепловую энергию.

Шаг 5. Чтобы рассчитать экономию для всего здания, в случае, если в здании установлены тепловые приборы одного типа, необходимо полученный результат умножить на общее количество тепловых приборов.

Для случая, когда в здании установлены тепловые приборы разного типа (размера), следует рассчитать экономию для каждого прибора по отдельности, а затем сложить полученные результаты:

$$\Delta Q_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m (Q_{1i} - Q_{2i}) \cdot n \cdot C, \quad (6)$$

где m – число батарей.

Пример расчёта

Необходимо произвести оценку годовой экономии от внедрения мероприятия в натуральном и денежном выражении в здании, оборудованном 35 однотипными приборами отопления.

Геометрические размеры проекции отопительного прибора на стену:
Ширина – 0,8 м, Высота – 0,5 м.

Температура воздуха в помещении $t_B^p = 21$ °С.

Средняя температура наружного воздуха за отопительный период составляет $t_{\text{ср.нар}} = -8,5$ °С.

Коэффициент теплоотдачи от внутреннего воздуха к ограждению
 $\alpha_{\text{внутр}} = 8,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}$

Коэффициент теплоотдачи от ограждения к наружному воздуху

$$\alpha_{\text{нар}} = 23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

Коэффициент теплопроводности материала теплоотражающего экрана

$$k = 0,05 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$$

Длительность отопительного периода $n = 222$ суток = 5328 часов.

Тариф на тепловую энергию $T = 1818,70$ руб.

Состав материала стены:

Известково-песчаный раствор толщиной $\delta_1 = 0,02$ м, $\lambda_{\text{ст}} = 0,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$

Керамзитобетонные плиты, $\delta_2 = 0,35$ м, $\lambda_{\text{ст}} = 0,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$

Расчет:

Определим термическое сопротивление стены:

$$R_{\text{ст}} = \frac{1}{\alpha_{\text{внутри}}} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{нар}}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,7} + \frac{0,35}{0,5} + \frac{1}{23} = 0,9 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

Потери тепла через наружную стену составят:

$$Q_1 = (t_{\text{ср.бат}} - t_{\text{ср.нар}}) \cdot \frac{F_{\text{бат}}}{R_{\text{ст}}} = (55 - (-8,5)) \cdot \frac{0,5 \cdot 0,8}{0,9} = 0,0282 \text{ кВт.}$$

Потери тепла через наружную стену после установки теплоотражающего экрана:

$$Q_2 = k \cdot (t_{\text{в}}^{\text{п}} - t_{\text{ср.нар}}) \cdot F_{\text{бат}} = 0,05 \cdot (21 - (-8,5)) \cdot 0,5 \cdot 0,8 = 0,00059 \text{ кВт.}$$

Объем тепловой энергии, сэкономленной за отопительный период после установки одного теплоотражающего экрана:

$$\Delta Q = (Q_1 - Q_2) \cdot n \cdot C = (0,0282 - 0,00059) \cdot 5328 \cdot 0,86 \cdot 10^{-3} = 0,127 \text{ Гкал.}$$

Объем тепловой энергии, сэкономленной за отопительный период после установки 35 одномерных теплоотражающих экранов:

$$Q_{\Sigma} = 35 \cdot \Delta Q = 35 \cdot 0,127 = 4,45 \text{ Гкал.}$$

Тогда годовая экономия в денежном выражении составит:

$$\mathcal{E} = \Delta Q_{\Sigma} \cdot T = 4,45 \cdot 1818,70 = 8\,094 \text{ руб.}$$

При реализации мероприятия «Монтаж теплоотражающих конструкций за радиаторами отопления» за отопительный период достигается экономия в размере 10 884,92 руб.

Расходы	Цена	Количество	Стоимость, руб
Материал	70 руб/м ²	35 м ²	1960
Монтаж теплоотражающего экрана	50 руб/шт	35 шт	1750
Итого:			3710

Объем инвестиций в данное мероприятие составляет 3710 руб. Таким образом, используя формулу 1, находим срок окупаемости мероприятия:

$$DP = \frac{Inv}{E_t} = \frac{3710}{8\,094} = 0,46 \text{ года}$$

Срок окупаемости рекомендуется округлять до целых чисел, т.е. в данном случае срок окупаемости составляет 1 год.

Срок службы теплоотражающего экрана составляет 5 лет. Таким образом, за 5 лет использования теплоотражающих экранов организация получает доход в размере 40 000 руб.

4.15. Описание мероприятия «Теплоизоляция (восстановление теплоизоляции) внутренних трубопроводов систем отопления и горячего водоснабжения (ГВС) в неотапливаемых подвалах и чердаках»

Магистральные трубопроводы водоснабжения и отопления прокладываются на большой глубине, что избавляет их от угрозы замерзания в зимнее время года. Однако теплоизоляция труб здания, обычно располагаемых в неотапливаемых подвальных помещениях или в их стенах, в российском климате абсолютно необходима. Ведь ее проведение обойдется гораздо дешевле, чем создание устойчивых к зимним холодам подвалов. А

стоимость ремонта в случае замерзания труб, не говоря уже о лишней трате времени и нервов, слишком высока, чтобы пренебрегать данной операцией.

В некоторых зданиях состояние тепловой изоляции трубопроводов ГВС и центрального отопления находится в неудовлетворительном состоянии или вообще отсутствует. Тепловые потери участков с нарушенной или отсутствующей тепловой изоляцией значительно превышают нормативные и поэтому меры по её восстановлению являются первоочередными.

В зависимости от особенностей и типа трубопровода качественная теплоизоляция позволяет решить следующие задачи:

1. Обеспечение заданной температуры на поверхности изоляционного слоя. Теплоизоляция трубопроводов для получения необходимой температуры на поверхности изоляционного слоя осуществляется в соответствии с требованиями техники безопасности по эксплуатации трубопроводов и санитарными нормами и, как правило, производится в тех случаях, когда не регламентированы тепловые потери. Проще говоря, теплоизоляция трубопроводов необходима для снижения тепловыделения в помещении или, что чаще, защиты людей от тепловых ожогов. Согласно нормам СНиП 2.04.14-88, температура внешней изоляционной поверхности трубопроводов, расположенных в помещениях и имеющих температуру теплоносителя до 100°C, не должна быть выше 35°C, а если температура теплоносителя больше 100°C – не более 45°C.

2. Предотвращение замерзания теплоносителя. Как правило, теплоизоляция трубопроводов с целью предотвращения замерзания теплоносителя проводится для участков трубопроводных систем, расположенных вне помещений, на открытом воздухе. Защита теплоносителя от замерзания особенно актуальна для трубопроводов, имеющих малый диаметр и небольшой запас аккумулированного тепла. Выбор материалов для теплоизоляции трубопроводов определяется в зависимости от параметров теплоносителя, температуры окружающей среды, скорости ветра,

внутреннего диаметра трубопровода, материала и толщины стенки трубопровода. Длительность простоя теплоносителя до начала замерзания рассчитывается с учетом таких характеристик, как температура замерзания, плотность, скрытая теплота замерзания, удельная теплоемкость. Например, вероятность замерзания теплоносителя заметно возрастает при увеличении скорости ветра, понижении температуры окружающей среды, применении трубопроводов малого диаметра. Снизить риск замерзания теплоносителя можно, если использовать неметаллические трубопроводы с качественной теплоизоляцией.

3. Предотвращение появления конденсата на поверхности изоляционного слоя. Теплоизоляция трубопроводов с целью предотвращения появления конденсата осуществляется на участках трубопроводных систем, расположенных в помещениях и применяемых для транспортировки жидкости или веществ, температура которых ниже температуры окружающей среды. Например, теплоизоляцию трубопроводов проводят для внутренних систем холодного водоснабжения. При расчете объема теплоизоляционных материалов учитываются такие параметры, как температура и относительная влажность воздуха, вид защитного слоя. Практика расчетов показывает, что толщина необходимого изоляционного слоя значительно меньше, если применяется защитное покрытие с большим коэффициентом неметаллического излучения.

4. Защита водяных тепловых сетей 2-трубной подземной прокладки. В данном случае теплоизоляция трубопроводов производится с целью снижения тепловых потерь. С учетом повышения тарифов на тепло- и энергоносители необходимость внедрения эффективных энергосберегающих технологий и использования при монтаже тепловых сетей современных теплоизоляционных материалов не вызывает сомнений у ведущих специалистов отрасли.

Область применения

Жилые и административные здания, спортивные здания и сооружения, здания культурно-бытового назначения, производственные помещения, в которых по результатам обследования обнаружена нарушенная или отсутствующая тепловая изоляция паропроводов или трубопроводов ГВС и отопления.

Методика расчёта эффективности мероприятия

Передача тепла от горячего теплоносителя в окружающую среду для неизолированного трубопровода осуществляется посредством трёх механизмов: теплопроводности через цилиндрическую стенку трубопровода, конвекции и излучения с наружной поверхности трубопровода (см. рис.1).

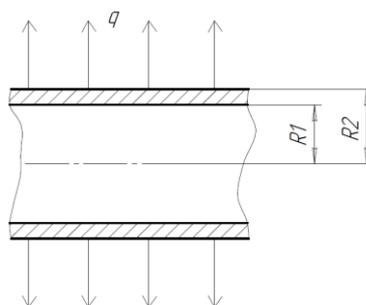


Рисунок 4. Тепловой поток через металлическую стенку трубы

Шаг 1. Тепловой поток Q через металлическую стенку трубы определяется как:

$$Q = \frac{\pi \cdot (t_{\text{пов}} - t_{\text{нар}}) \cdot L}{\frac{\ln\left(\frac{d + 2\delta}{d}\right)}{2\lambda} + \frac{1}{\alpha_{\text{нар}} \cdot (d + 2\delta)}} \quad (1)$$

где $t_{\text{пов}} [^{\circ}\text{C}]$ – температура окружающей среды;

$t_{\text{внут}} [^{\circ}\text{C}]$ – температура теплоносителя;

L [м] – длина трубы;

d [м] - внутренний диаметр трубопровода;

δ [м] - толщина стенки трубопровода;

$\lambda \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}} \right]$ – коэффициент теплопроводности трубы;

$\alpha_{\text{нар}} \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right]$ – коэффициент теплоотдачи.

Коэффициент теплоотдачи с наружной поверхности трубы определяется следующим образом:

$$\alpha_{\text{нар}} = \alpha_{\text{конв}} + \alpha_{\text{лучистое}} \quad (2)$$

где $\alpha_{\text{конв}} \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right]$ – коэффициент конвективной теплоотдачи;

$\alpha_{\text{лучистое}} \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right]$ – коэффициент лучистой теплоотдачи.

Коэффициент конвективной теплоотдачи определяется по формуле 4:

$$\alpha_{\text{конв}} = 10 + 6\sqrt{W} \quad (3)$$

где $W \left[\frac{\text{м}}{\text{с}} \right]$ – скорость ветра.

Коэффициент лучистой теплоотдачи определяется по формуле 5:

$$\alpha_{\text{лучистое}} = \frac{\varepsilon_{\text{п}} \cdot C_0 \cdot \left(\left(\frac{t_{\text{пов}} + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_{\text{нар}} + 273}{100} \right)^4 \right)}{t_{\text{пов}} - t_{\text{нар}}} \quad (4)$$

где $C_0 = 5,67 \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^4} \right]$ – коэффициент излучения абсолютно чёрного тела;

$\varepsilon_{\text{п}}$ – степень черноты (для оголённого участка трубопровода $\varepsilon_{\text{п}} = 0,9$),

$t_{\text{пов}} [^{\circ}\text{C}]$ – температура на поверхности трубы,

$t_{\text{нар}} [^{\circ}\text{C}]$ – температура окружающей среды.

Шаг 2. Для изолированного трубопровода, формула (1) имеет вид:

$$Q_{\text{изолир}} = \frac{\pi \cdot (t_{\text{внут}} - t_{\text{нар}}) \cdot L}{\frac{\ln\left(\frac{d + 2\delta}{d}\right)}{2\lambda} + \frac{\ln\left(\frac{d + 2\delta + 2\delta_{\text{из}}}{d + 2\delta}\right)}{2\lambda_{\text{из}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{нар}} \cdot (d + 2\delta + 2\delta_{\text{из}})}} \quad (5)$$

где $\delta_{\text{из}} [\text{м}]$ – толщина изоляционного слоя,

$\lambda_{\text{из}} \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}} \right]$ – коэффициент теплопроводности изоляционного слоя.

Шаг 3. Годовая экономия энергии определяется по следующей формуле:

$$\Delta Q = m \cdot C \cdot (Q - Q_{\text{изол}}) \quad (6)$$

где m [час] - годовое число часов работы трубопровода.

C – это коэффициент перевода кВт·час в Гкал и равен $0,86 \cdot 10^{-3}$.

Шаг 4. Годовая экономия в денежном выражении определяется следующим образом:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta Q \cdot T_{\text{тэ}}, \quad (7)$$

где $T_{\text{тэ}}$ $\left[\frac{\text{руб}}{\text{Гкал}} \right]$ - тариф на тепловую энергию.

Пример расчёта

Стальной трубопровод внутренним диаметром $d = 200$ мм с толщиной стенки $\delta = 5$ мм размещен в подвале здания. Общая длина труб $L = 10$ м. Теплопроводность стали $\lambda_{\text{из}} = 50 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$. Температура протекающего теплоносителя составляет $t_{\text{внут}} = 70^\circ\text{C}$. Средняя температура окружающей среды за отопительный период составляет $t_{\text{нар}} = 15^\circ\text{C}$. Длительность отопительного периода составляет 222 суток или 5 328 часов. Толщина изоляции $\delta_{\text{из}} = 10$ мм, теплопроводность изоляции $\lambda_{\text{из}} = 0,05 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$.

Температура на поверхности трубы практически не отличается от температуры протекающего теплоносителя, поэтому для упрощения примем ее равной $t_{\text{пов}} = 70^\circ\text{C}$.

Определяем лучистый коэффициент теплоотдачи

$$\begin{aligned} \alpha_{\text{лучистое}} &= \frac{\varepsilon_{\text{п}} \cdot C_0 \cdot \left(\left(\frac{t_{\text{пов}} + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_{\text{нар}} + 273}{100} \right)^4 \right)}{t_{\text{пов}} - t_{\text{нар}}} \\ &= \frac{0,9 \cdot 5,67 \cdot \left(\left(\frac{70 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{15 + 273}{100} \right)^4 \right)}{70 - 15} = 6,4591 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \end{aligned}$$

Определяем конвективный коэффициент теплоотдачи. Поскольку трубопровод находится в помещении, то скорость ветра $W = 0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

$$\alpha_{\text{конв}} = 10 + 6\sqrt{W} = 10 + 6\sqrt{0} = 10 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Полный коэффициент теплоотдачи равен

$$\alpha_{\text{нар}} = \alpha_{\text{конв}} + \alpha_{\text{лучистое}} = 6,4591 + 10 = 16,4591 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Определяем тепловой поток с 10 м трубы

$$Q = \frac{\pi \cdot (t_{\text{внут}} - t_{\text{нар}}) \cdot L}{\frac{\ln\left(\frac{d+2\delta}{d}\right)}{2\lambda} + \frac{1}{\alpha_{\text{Н}} \cdot (d+2\delta)}} = \frac{3,1416 \cdot (70 - 15) \cdot 10}{\frac{\ln\left(\frac{0,2 + 2 \cdot 0,005}{0,2}\right)}{2 \cdot 50} + \frac{1}{16,4591 \cdot (0,2 + 2 \cdot 0,005)}}$$

$$= 5962,20 \text{ Вт}$$

Найдем величину теплового потока с 10 м трубы с изоляцией:

$$Q_{\text{изолир}} = \frac{\pi \cdot (t_{\text{внут}} - t_{\text{нар}}) \cdot L}{\frac{\ln\left(\frac{d+2\delta}{d}\right)}{2\lambda} + \frac{\ln\left(\frac{d+2\delta+2\delta_{\text{из}}}{d+2\delta}\right)}{2\lambda_{\text{из}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{Н}} \cdot (d+2\delta+2\delta_{\text{из}})}} =$$

$$= \frac{3,1416 \cdot (70 - 15) \cdot 10}{\frac{\ln\left(\frac{0,2 + 2 \cdot 0,005}{0,2}\right)}{2 \cdot 50} + \frac{\ln\left(\frac{0,2 + 2 \cdot 0,005 + 2 \cdot 0,01}{0,2 + 2 \cdot 0,005}\right)}{2 \cdot 0,05} + \frac{1}{16,4591 \cdot (0,2 + 2 \cdot 0,005 + 2 \cdot 0,01)}}$$

$$= 1471,33 \text{ Вт}$$

При расчёте теплового потока с поверхности изолированного трубопровода сделано допущение, что наружный коэффициент теплоотдачи равен соответствующему коэффициенту при неизолированном трубопроводе, рассчитанному выше. В действительности же этот коэффициент будет ещё меньше за счёт снижения температуры поверхности. Как видно из расчётов тепловые потери с поверхности неизолированного трубопровода более чем в 3 раза превосходят потери с изолированного трубопровода.

Следует заметить, что санитарными нормами регламентированы допустимые температуры поверхностей и в случае нарушения тепловой изоляции температуры поверхностей могут значительно превосходить предельно допустимые.

Оценим годовую экономию тепла при наложении тепловой изоляции на участок данного трубопровода длиной 10 м.

$$\begin{aligned}\Delta Q &= m \cdot C \cdot (Q - Q_{\text{изол}}) = 5328 \cdot 0,86 \cdot 10^{-3} \cdot (5962,20 - 1471,33) \\ &= 20,58 \text{ Гкал}\end{aligned}$$

Годовая экономия в денежном выражении при тарифе $T_{\text{тз}} = 1818,70$ руб./Гкал:

$$\Delta \text{Э} = \Delta Q \cdot T_{\text{тз}} = 20,58 \cdot 1818,70 = 37424,35 \text{ руб.}$$

При реализации мероприятия «Теплоизоляция (восстановление теплоизоляции) внутренних трубопроводов систем отопления и горячего водоснабжения (ГВС) в неотапливаемых подвалах и чердаках» за отопительный период достигается экономия в размере 37 424,35 руб. Стоимость материала составляет 1260 руб/м² (Теплоизоляция Пенофол С-10 15000*600мм). Стоимость работ по монтажу составляет с 5 000 руб. Объем инвестиций в данное мероприятие составляет 6 260 руб. Таким образом, используя формулу 1, находим срок окупаемости мероприятия:

$$DP = \frac{Inv}{E_t} = \frac{6260}{37424,35} = 2 \text{ месяца}$$

Срок окупаемости рекомендуется округлять до целых чисел, т.е. в данном случае срок окупаемости составляет 1 год.

Срок службы теплоизоляционного материала составляет 3 года. Таким образом, за 3 года использования теплоизоляционного материала организация получает доход в размере примерно 70 000 руб.

4.16. Описание мероприятия «Промывка трубопроводов системы отопления. Снижение тепловых и гидравлических потерь за счёт удаления внутренних отложений с поверхностей радиаторов и разводящих трубопроводов»

Отложения в трубопроводах и на внутренних поверхностях теплообменных аппаратов является следствием физико-химического

процесса. На интенсивность этого процесса влияют несколько факторов: химический состав воды, скорость движения воды, характер внутренней поверхности, температурные условия.

Отложения способны вносить коррективы в установленный гидравлический и тепловой режимы доставки теплоносителя до конечного потребителя, поэтому своевременное их удаление с использованием современных технологий является мерой, позволяющей устранить сбои в теплоснабжении, а так же снизить затраты электрической энергии на прокачку теплоносителя. В том случае если отложения сформировались на внутренней поверхности радиаторов, они выступают в роли дополнительного сопротивления теплопередаче.

Как правило, промывка трубопроводов отопления требуется любой системе отопления, отработавшей без промывки более 5-10 лет.

Практика показывает, что за это время эффективность системы отопления существенно снижается; большая часть диаметра трубы системы отопления забита отложениями, которые не только увеличивают потребление газа и электроэнергии, но и могут привести к различным авариям системы отопления.

Существует несколько основных технологий промывки отопления; каждая из них имеет свои недостатки и преимущества.

Химическая промывка трубопроводов

Наиболее распространенным вариантом промывки трубопроводов является химическая безразборная промывка отопления, которая позволяет сравнительно легко перевести в растворенное состояние подавляющую часть накипи и отложений и в таком виде вымыть их из системы отопления. В наши дни для промывки системы отопления используются кислые и щелочные растворы различных реагентов.

Среди них – композиционные органические и неорганические кислоты, например, составы на основе ортофосфорной кислоты, растворы едкого натра

с различными присадками и другие составы. Точные составы составов для промывки отопления держатся производителями в секрете.

Химическая промывка труб отопления – сравнительно дешевый и надежный метод, позволяющий избавиться систему отопления от накипи и загрязнения, однако обладающий определенными недостатками. Среди них – невозможность химической промывки алюминиевых труб, токсичность промывочных растворов, проблема утилизации больших количеств кислотного или щелочного промывочного раствора.

Технически химическая промывка отопления проводится следующим образом: после того, как подобран соответствующий данной системе отопления химический реагент для промывки отопления и выбран ингибитор коррозии труб, на место проведения работ выезжает группа технических специалистов.

На месте работ используется специальная емкость с насосом, подключаемая к системе отопления. После того, как все необходимые химикалии введены в систему отопления моющий раствор циркулирует в системе отопления в течение времени, которое рассчитывается индивидуально в зависимости от степени загрязненности системы отопления. Химическая промывка отопления может происходить и в зимний период, без остановки системы отопления. Химическая промывка отопления дешевле капитального ремонта системы отопления в 10-15 раз, продлевает срок нормальной работы отопления на 10-15 лет, снижает расходы электроэнергии на 20 % - 60 %.

Гидродинамический метод промывки трубопроводов отопления

Гидродинамическая промывка труб отопления состоит в удалении накипи путем очистки системы отопления тонкими струями воды, подаваемыми в трубы через специальные насадки под высоким давлением.

Гидродинамическая промывка труб по стоимости более чем в 2 раза дешевле замены оборудования, причем позволяет добиться впечатляющих результатов по восстановлению энергоэффективности системы.

Особенно это касается чугунных радиаторов отопления, которые методом гидродинамической промывки отопления полностью восстанавливают свою работоспособность. Аппараты для гидродинамической промывки работают в специальных лабораториях под давлением около двухсот атмосфер, полностью уничтожая любые виды отложений: соли кальция, магния, натрия, жиры, ржавчину, нагар, химикаты.

Пневмогидроимпульсная промывка труб

Метод пневмогидроимпульсной очистки позволяет проводить промывку труб путем многократных импульсов, выполняемых при помощи импульсного аппарата.

В данном случае кинетическая импульсная волна создает в воде, заполняющей систему отопления, кавитационные пузырьки из газопаровой смеси, возникающие вследствие прохождения через жидкость акустической волны высокой интенсивности во время полупериода разрежения. Двигаясь с током воды в область с повышенным давлением или во время полупериода сжатия, кавитационный пузырек захлопывается, излучая при этом ударную волну.

Завихрения воды с воздухом отрывают отложения от стенок труб, а последующая волна воздушно-водяной смеси уносит накипь, которая поднялась со дна.

Область применения мероприятия

Трубопроводы, обследование которых показало наличие отложений.

Методика расчёта

Шаг 1. Потери давления делятся на 2 группы:

- по длине;
- на местных сопротивлениях (переходы, сужения, расходомерные и балансировочные шайбы, тройники и т.д.).

Для потерь по длине применяется формула Дарси-Вейсбаха

$$\Delta P = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\rho \omega^2}{2}, \text{ Па} \quad (1)$$

где λ - коэффициент потерь по длине;

L [м] - длина участка трубопровода;

D [м] - его внутренний диаметр;

ρ $\left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right]$ - плотность жидкости;

ω $\left[\frac{\text{м}}{\text{с}}\right]$ - скорость движения жидкости, определяется по формуле:

$$\omega = \frac{G}{\rho \cdot S} \quad (2)$$

где G $\left[\frac{\text{кг}}{\text{с}}\right]$ – расход воды,

S [м²] – площадь поперечного сечения трубы.

ρ $\left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right]$ - плотность жидкости.

Для определения коэффициента потерь по длине существуют различные зависимости в зависимости от режима течения жидкости: ламинарное или турбулентное.

Для ламинарного течения ($Re \leq 2300$) применяется формула 3:

$$\lambda = \frac{68}{Re} \quad (3)$$

Для турбулентного течения ($Re > 2300$) применяется формула Блаузиуса:

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}} \quad (4)$$

Где Re – число (критерий) Рейнольдса, определяемое следующим соотношением:

$$Re = \frac{D \cdot \omega}{\nu} \quad (5)$$

где D [м] - характерный размер (диаметр трубы);

$\nu \left[\frac{\text{м}^2}{\text{с}} \right]$ - коэффициент кинематической вязкости (зависит от температуры и рода жидкости).

Таблица 4. Коэффициент кинематической вязкости воды в зависимости от температуры

$t, ^\circ\text{C}$	$\nu, 10^6 \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$	$t, ^\circ\text{C}$	$\nu, 10^6 \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$	$t, ^\circ\text{C}$	$\nu, 10^6 \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$
0	1,7890	35	0,7248	70	0,4154
5	1,5156	40	0,6584	75	0,3892
10	1,3065	45	0,6017	80	0,3659
15	1,1416	50	0,5564	85	0,3451
20	1,0064	55	0,5146	90	0,3259
25	0,8968	60	0,4781	95	0,3099
30	0,8054	65	0,4445	100	0,2944

Шаг 2. Отношение падений давления при появлении отложений в трубе для ламинарного течения обратно пропорционально отношению диаметров трубы в 4-й степени:

$$\frac{\Delta P_2}{\Delta P_1} = \frac{D_1^4}{D_2^4} \quad (6)$$

Отношение падений давления при появлении отложений в трубе для турбулентного течения примерно равно обратному отношению диаметров трубы в 5-й степени:

$$\frac{\Delta P_2}{\Delta P_1} \approx \frac{D_1^5}{D_2^5} \quad (7)$$

Шаг 3. Затраты на перекачку определяются по формуле, Вт:

$$N = \frac{\Delta P \cdot V}{\eta_{\text{нас}}} \quad (8)$$

где $V [\text{м}^3]$ - объем перекачиваемого теплоносителя;

$\eta_{\text{нас}}$ - КПД насоса.

Шаг 4. Годовая разница в затратах электроэнергии определяется по формуле:

$$\Delta E = \Delta N \cdot t \cdot n \quad (9)$$

где t [час] - число часов работы насоса за отопительный период,

n - прирост затрат на прокачку теплоносителя на прямом участке трубы.

Шаг 5. Годовая экономия в денежном выражении, тыс. рублей:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta E \cdot T_{\text{эз}}, \quad (10)$$

где $T_{\text{эз}} \left[\frac{\text{руб.}}{\text{кВт}\cdot\text{час}} \right]$ - тариф на электрическую энергию.

Пример расчёта

Определим годовую экономию электроэнергии в натуральном и денежном выражении в результате уменьшения затрат на перекачку после внедрения мероприятия «Промывка трубопроводов системы отопления. Снижение тепловых и гидравлических потерь за счёт удаления внутренних отложений с поверхностей радиаторов и разводящих трубопроводов».

Внутренний диаметр трубы $D = 0,2$ м

Толщина внутренних отложений $\delta = 1$ мм

Длина участка трубопровода $L = 100$ м

Температура воды внутри трубы $t = 90^\circ\text{C}$

Расход воды $G = 50 \frac{\text{л}}{\text{с}}$

КПД насоса $\eta_{\text{нас}} = 90\%$

Тариф на электрическую энергию $T_{\text{эз}} = 4,60 \frac{\text{руб}}{\text{кВт}\cdot\text{час}}$

Годовое число часов работы трубопровода $t = 5000$ час.

Расчет :

Определим скорость и характер течения воды по формулам (2) и (5):

$$\omega = \frac{G}{\rho \cdot S} = \frac{50}{1000 \cdot 3,14 \cdot \left(\frac{0,2}{2}\right)^2} = 1,59 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$Re = \frac{D \cdot \omega}{\nu} = \frac{0,2 \cdot 1,59}{0,3259 \cdot 10^{-6}} = 975759,44$$

Поскольку число Рейнольдса $Re > 2300$, то характер течения воды в трубе турбулентный.

Определим отношений падений давления по формуле 7

$$\frac{\Delta P_2}{\Delta P_1} \approx \frac{D_1^5}{D_2^5} = \frac{0,2^5}{(0,2 - 0,002)^5} = 1,05$$

Это означает что при нарастании отложений толщиной в 1 мм в трубе диаметром $D = 200$ мм дает прирост затрат на прокачку теплоносителя на прямом участке трубы в размере $n = 5\%$.

Потери давления по длине для чистой, без отложений, трубы $D = 200$ мм и длиной $L = 100$ м с расходом горячей воды $G = 50 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$ определяем по формуле (1). Для этого найдем коэффициент потерь на трение по формуле (4):

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}} = \frac{0,316}{\sqrt[4]{975759,44}} = 0,01.$$

$$\Delta P = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\rho \omega^2}{2} = 0,01 \cdot \frac{100}{0,2} \cdot \frac{1000 \cdot 1,59^2}{2} = 6320 \text{ Па} = 6,3 \text{ кПа}.$$

Затраты на перекачку определяются по формуле 8:

$$N = \frac{\Delta P \cdot V}{\eta_{\text{нас}}} = \frac{6320 \cdot 0,05}{0,9} = 3511 \text{ В} = 3,5 \text{ кВт}.$$

Определим годовую разницу в затратах электроэнергии по формуле 9:

$$\Delta E = \Delta N \cdot t \cdot n = 3,5 \cdot 5000 \cdot 0,05 = 875 \text{ кВт} \cdot \text{час}$$

Годовая экономия в денежном выражении:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta E \cdot T_{\text{э}} = 875 \cdot 4,60 = 4025 \text{ руб.}$$

При реализации мероприятия «Промывка трубопроводов системы отопления. Снижение тепловых и гидравлических потерь за счёт удаления внутренних отложений с поверхностей радиаторов и разводящих трубопроводов» за отопительный период достигается экономия в размере 4025 руб. Цена промывки 1 метра трубопровода составляет 450 руб. Объем

инвестиций в данное мероприятие составляет 45 000 руб. Таким образом, используя формулу 1, находим срок окупаемости мероприятия:

$$DP = \frac{Inv}{E_t} = \frac{45\,000}{4\,025} = 12 \text{ лет}$$

Поскольку данное мероприятие рекомендовано проводить каждые 5 лет, то очевидно, что фактический срок окупаемости будет гораздо выше. Данное мероприятие не рекомендуется рассматривать исключительно для сбережения электрической энергии – это комплексное мероприятие, которое позволяет повысить эффективность системы отопления, за счет удаления отложений, которые не только увеличивают потребление газа и электроэнергии, но и могут привести к различным авариям системы отопления. Таким образом, реализация данного мероприятия, несмотря на длительный срок окупаемости относительного экономии электроэнергии, оправдана.

5. ПОРЯДОК РАСЧЕТА ЭФФЕКТА ОТ МЕРОПРИЯТИЯ В НАТУРАЛЬНОМ И ДЕНЕЖНОМ ВЫРАЖЕНИИ В СОПОСТАВИМЫХ УСЛОВИЯХ

Мероприятия по энергосбережению и по повышению энергетической эффективности реализуются с целью уменьшения объемов потребления топливно-энергетических ресурсов и воды или более рационального их использования.

Достигнутый эффект от реализации мероприятий (экономия) может быть оценен как в натуральном, так и в стоимостном выражении. Определение достигнутой экономии необходимо для расчета срока окупаемости мероприятий по энергосбережению, для сравнения плановых показателей энергосбережения с фактическими, а также при проведении энергетического обследования.

Мероприятия, проведенные в рамках программы по энергосбережению, могут быть направлены как на увеличение потенциальной экономии потребления ресурсов в общем (например, мероприятия по пропаганде энергосбережения), так и на экономию отдельных видов ТЭР либо на экономию ТЭР на различные цели, например, отопление или освещение.

В качестве мероприятий первой группы в образовательных учреждениях могут выступать такие мероприятия как пропаганда энергосбережения в виде различных конкурсов, тематических лекций, размещения в открытом доступе пропагандистских информационных материалов, мероприятия по повышению компетенций сотрудников образовательных учреждений в области энергосбережения и другие мероприятия организационного характера.

В качестве мероприятий, направленных непосредственно на экономию ТЭР и воды можно выделить следующие группы мероприятий:

Мероприятия по уменьшению потерь. Например, по замене окон на энергосберегающие пластиковые и/или по ремонту тамбуров в зданиях образовательных учреждений для уменьшения потерь тепловой энергии.

Мероприятия по уменьшению потребления ресурсов. Например, оптимизация расписания занятий для уменьшения потребления электрической энергии на цели освещения, установка индивидуального теплового пункта и узла автоматики погодного регулирования для уменьшения потребления тепловой энергии во внеурочные часы и при повышении температуры наружного воздуха.

При определении размера экономии, достигнутой в результате реализации мероприятий по энергосбережению, должны учитываться следующие факторы:

1) изменение режимов функционирования и (или) функционального назначения энергопотребляющих установок;

2) изменение количества потребителей энергоресурсов (например, изменение численности учащихся за счет поглощения одним образовательных учреждений другого);

3) изменение площади и объемов помещений (например, при вводе в эксплуатацию новых или реконструированных зданий и выводе из эксплуатации ветхих и аварийных зданий);

4) существенное изменение погодных условий - среднесуточной температуры наружного воздуха, среднесуточной температуры наружного воздуха в отопительный период;

5) изменение продолжительности отопительного периода (в соответствии со СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий»).

Перечисленные выше факторы могут быть учтены благодаря применению коэффициентов сопоставимых условий, которые рассчитываются на основании значений индикаторов за разные периоды и позволяют сравнивать потребление ресурсов за базовый период и период, для которого определяется экономия.

В качестве таких коэффициентов могут выступать:

1) коэффициент сопоставимых условий к отоплению;

2) коэффициент сопоставимых условий к освещению;

- 3) коэффициент сопоставимых условий к технологии;
- 4) коэффициент сопоставимых условий к численности сотрудников.
- 5) В таблице 5 приведены методы расчета указанных коэффициентов.

Таблица 5. Индикаторы для расчета показателей энергосбережения

Номер индикатора/коэффициента	Название индикатора/коэффициента	Единица измерения	Алгоритм расчета
И1	Общая площадь отапливаемых помещений	кв. м.	–
И2	Средненормативная температура отапливаемых помещений	град. С	–
И3	Средняя температура окружающей среды в отапливаемый период	град. С	–
И4	Количество дней отопительного периода	дни	–
И5	Градососутки отопительного периода	градусов Цельсия/сутки	$(И2 - И3) * И4$
И6	Общая площадь освещаемых зданий и сооружений	кв. м.	–
И7	Площадь внешнего освещения	кв. м.	–
И8	Объем выполненных работ	тыс. руб.	–
И9	Среднесписочное количество сотрудников	человек	–
К1	Коэффициент сопоставимых условий к отоплению	–	$(И1(баз)/И1(отч)) * (И5(баз)/И5(отч))$
К2	Коэффициент сопоставимых условий к освещению	–	$(И6(баз) + И7(баз)) / (И6(отч) + И7(отч))$
К3	Коэффициент сопоставимых условий к технологии	–	$И8(баз) / И8(отч)$
К4	Коэффициент сопоставимых условий к численности сотрудников	–	$И9(баз) / И9(отч)$

При оценки эффективности энергосберегающих мероприятий, каждое мероприятие рассматривается отдельно. Таким образом могут быть выделены мероприятия, эффект от которых наиболее заметен в образовательных учреждениях, объединенных по какому-либо признаку, и выделенные мероприятия могут быть рекомендованы для реализации в других образовательных учреждениях.

Расчет выполняется в следующей последовательности:

- 1) определяются значения показателей потребления за базовый и отчетный год;
- 2) рассчитываются значения коэффициентов сопоставимых условий;
- 3) выполняется расчет индикаторов;
- 4) выполняется расчет показателей эффективности программы энергосбережения.

При этом расчеты выполняются только для тех объектов, на деятельность которых влияет мероприятие. Например, мероприятие по установке ИТП и узла автоматического регулирования влияет на потребление тепловой энергии и электрической энергии на цели отопления только в зданиях, которые подключены к этому ИТП. Мероприятие по замене ламп накаливания на энергосберегающие оказывает влияние на потребление электрической энергии на цели освещения только в тех помещениях, в которых была проведена замена. При этом, в большинстве случаев в образовательном учреждении нет возможности выделить долю электрической энергии, расходуемой на цели освещения в указанных выше помещениях, в связи с отсутствием индивидуальных приборов учета. В таком случае оценка энергосберегающего эффекта от мероприятия может быть проведена только для здания в целом, на основании показаний общедомового прибора учета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон РФ от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
2. ГОСТ 24866-99 «Стеклопакеты клееные строительного назначения».
3. СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование», актуализированная редакция СНиП 41-01-2003.
4. Ливчак В.И. Энергосбережение при строительстве и реконструкции жилых зданий в России. Энергосбережение №5/2001
5. Методические рекомендации по разработке программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности организаций с участием государства или муниципальных образований. – М.: ФГБУ «РЭА», 2010
6. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов, утвержденные Министерством экономики Российской Федерации от 21 июня 1999 г. № ВК 477, Министерством финансов Российской Федерации от 21 июня 1999 г., Государственным комитетом Российской Федерации по строительной, архитектурной и жилищной политике от 21 июня 1999 г.
7. Применение низкоэмиссионных пленок на окнах //Гильдия энергоаудиторов [Официальный сайт] URL: <http://www.guildenergo.ru/01.01.04.05/260.aspx> (дата обращения: 01.07.2013).
8. Руководство по обогреву и энергосбережению. Выпуск 2, май 1998 г. Представительство Frisco в России, Москва
9. Рысин С. А. Вентиляционные установки машиностроительных заводов. Справочник. – М.: Машгиз, 1956
10. СП 61.13330.2012 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов», актуализированная редакция СНиП 2.04.14-88;

11. СП 131.13330.2012 «Строительная климатология», актуализированная редакция СНиП 23-01-99*.
12. СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение», актуализированная редакция СНиП 23-05-95.
13. Руководство по обогреву и энергосбережению. Выпуск 2, май 1998 г.
14. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», актуализированная редакция СНиП 23-02-2003.
15. Теплоэнергетика и теплотехника. Книга 2. Под общей редакцией В.А. Григорьева и В.М. Зорина. 1988. Москва, Энергоатомиздат
16. Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы» №3, март 2002 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1. Коэффициент теплоотдачи от внутреннего воздуха к внутренней поверхности ограждающей конструкции

Внутренняя поверхность ограждающих конструкций	$\alpha_{\text{внутр}} \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}} \right]$
1. Стен, полов, гладких потолков, потолков с выступающими рёбрами при отношении высоты рёбер h к расстоянию a между гранями соседних рёбер $\frac{h}{a} \leq 0,3$	8,7
2. Потолков с выступающими рёбрами при отношении высоты h рёбер к расстоянию a между гранями соседних рёбер $\frac{h}{a} > 0,3$	7,6
3. Окон	8,0
4. Зенитных фонарей	9,9

Таблица 2. Коэффициент теплоотдачи от внешней поверхности ограждающей конструкции к окружающей среде

Внутренняя поверхность ограждающих конструкций	$\alpha_{\text{нар}} \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}} \right]$
1. Наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами и над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительно-климатической зоне	23
2. Перекрытий над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытий над холодными (с ограждающими стенками) подпольями в Северной строительно-климатической зоне	17
3. Перекрытий чердачных и над неотапливаемыми подвалами со световыми проёмами в стенах, а также наружных стен с воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом	12
4. Перекрытий над неотапливаемыми подвалами без световых проёмов в стенах, расположенных выше уровня земли, и над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными выше уровня земли	6

Таблица 3. Коэффициенты теплопроводности материала

Материал	Коэффициент теплопроводности $\lambda \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right]$ при условиях эксплуатации	
	А	Б
<i>I. Бетоны и растворы</i>		
<i>A. Бетоны на природных плотных заполнителях</i>		
Железобетон	1,92	2,04
Бетон на гравии или щебне из природного камня	1,74	1,86
<i>Б. Бетоны на природных пористых заполнителях</i>		
Туфобетон	0,87	0,99
Туфобетон	0,7	0,81
Туфобетон	0,52	0,58
Туфобетон	0,41	0,47
Пемзобетон	0,62	0,68
Пемзобетон	0,49	0,54
Пемзобетон	0,4	0,43
Пемзобетон	0,3	0,34
Пемзобетон	0,22	0,26
<i>В. Бетоны на искусственных пористых заполнителях</i>		
Керамзитобетон на керамзитовом песке и керамзитопенобетон	0,8	0,92
Керамзитобетон на керамзитовом песке и керамзитопенобетон	0,67	0,89
Керамзитобетон на керамзитовом песке и керамзитопенобетон	0,56	0,65
Керамзитобетон на керамзитовом песке и керамзитопенобетон	0,44	0,52
Керамзитобетон на керамзитовом песке и керамзитопенобетон	0,33	0,41
Керамзитобетон на керамзитовом песке и керамзитопенобетон	0,24	0,31
Керамзитобетон на керамзитовом песке и керамзитопенобетон	0,2	0,26
Керамзитобетон на керамзитовом песке и керамзитопенобетон	0,17	0,43
Керамзитобетон на кварцевом песке с поризацией	0,52	0,58
Керамзитобетон на кварцевом песке с поризацией	0,41	0,47
Керамзитобетон на кварцевом песке с поризацией	0,29	0,35
<i>Г. Бетоны ячеистые</i>		
Газобетон и пенобетон	0,41	0,47
Газобетон и пенобетон	0,33	0,Из37

Материал	Коэффициент теплопроводности $\lambda \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right]$ при условиях эксплуатации	
	А	Б
Газобетон и пенобетон	0,22	0,26
Газобетон и пенобетон	0,14	0,15
Газобетон и пенобетон	0,11	0,13
<i>Д. Цементные, известковые и гипсовые растворы</i>		
Цементно-песчаный	0,76	0,93
Сложный (песок, известь, цемент)	0,70	0,87
Известково-песчаный	0,70	0,81
<i>II. Кирпичная кладка и облицовка природным камнем</i>		
<i>А. Кирпичная кладка из сплошного кирпича</i>		
Глиняный обыкновенный кирпич на цементно-песчаном растворе	0,70	0,81
Силикатный кирпич на цементно-песчаном растворе	0,76	0,87
<i>Б. Кирпичная кладка из кирпича керамического и силикатного пустотного</i>		
Керамический пустотный кирпич плотностью $1400 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ (брутто) на цементно-песчаном растворе	0,58	0,64
Керамический пустотный кирпич плотностью $1300 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ (брутто) на цементно-песчаном растворе	0,52	0,58
Керамический пустотный кирпич плотностью $1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ (брутто) на цементно-песчаном растворе	0,47	0,52
Силикатный одиннадцатипустотный кирпич на цементно-песчаном растворе	0,70	0,81
Силикатный четырнадцатипустотный кирпич на цементно-песчаном растворе	0,64	0,76
<i>В. Облицовка природным камнем</i>		
Гранит, базальт	3,49	3,49
Мрамор	2,91	2,91
Известняк	1,16	1,28
Известняк	0,93	1,05
Известняк	0,73	0,81
Известняк	0,56	0,58
<i>III. Дерево, и изделия из него</i>		
Сосна и ель поперек волокон	0,14	0,18
Сосна ель вдоль волокон	0,29	0,35
Дуб поперёк волокон	0,18	0,23
Дуб вдоль волокон	0,35	0,41
Фанера клееная	0,15	0,18

Материал	Коэффициент теплопроводности $\lambda \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right]$ при условиях эксплуатации	
	А	Б
Картон строительный многослойный	0,15	0,18
Плиты древесноволокнистые и древесностружечные	0,23	0,29
Плиты древесноволокнистые и древесностружечные	0,19	0,23
Плиты древесноволокнистые и древесностружечные	0,13	0,16
Плиты древесноволокнистые и древесностружечные	0,11	0,13
Плиты древесноволокнистые и древесностружечные	0,07	0,08
<i>IV. Теплоизоляционные материалы</i>		
<i>А. Минераловатные и стекловолокнистые</i>		
Маты минераловатные прошивные и на синтетическом связующем	0,064	0,07
Маты минераловатные прошивные и на синтетическом связующем	0,06	0,064
Маты минераловатные прошивные и на синтетическом связующем	0,052	0,06
Плиты мягкие, полужёсткие и жёсткие минераловатные на органофосфатном связующем	0,09	0,11
Плиты мягкие, полужёсткие и жёсткие минераловатные на органофосфатном связующем	0,087	0,09
Плиты мягкие, полужёсткие и жёсткие минераловатные на органофосфатном связующем	0,076	0,08
Плиты мягкие, полужёсткие и жёсткие минераловатные на органофосфатном связующем	0,06	0,07
Плиты мягкие, полужёсткие и жёсткие минераловатные на органофосфатном связующем	0,052	0,06
Плиты минераловатные повышенной жёсткости на органофосфатном связующем	0,07	0,076
<i>Б. Полимерные</i>		
Пенополистирол	0,052	0,06
Пенополистирол	0,041	0,052
Пенополитстирол	0,041	0,05
Экструзионный пенополистирол	0,028	0,03
Пенопласт ПХВ-1	0,06	0,064
Пенопласт ПХВ-1	0,05	0,052
Пенополиуретан	0,05	0,05
Пенополиуретан	0,041	0,041
Пенополиуретан	0,04	0,04
<i>В. Засыпки</i>		
Гравий керамзитовый	0,052	0,06

Материал	Коэффициент теплопроводности $\lambda \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right]$ при условиях эксплуатации	
	А	Б
Гравий керамзитовый	0,17	0,20
Гравий керамзитовый	0,13	0,14
Гравий керамзитовый	0,12	0,13
Гравий керамзитовый	0,11	0,12
Щебень из доменного шлака	0,21	0,26
Щебень из доменного шлака	0,14	0,16
Щебень из доменного шлака	0,111	0,12
<i>Г. Пеностекло или газостекло</i>		
Пеностекло или газостекло	0,12	0,14
Пеностекло или газостекло	0,11	0,12
Пеностекло или газостекло	0,08	0,09
<i>IV. Материалы кровельные, гидроизоляционные, облицовочные и рулонные покрытия для полов</i>		
Листы асбестоцементные плоские	0,47	0,52
Битумы нефтяные строительные и кровельные	0,27	0,27
Битумы нефтяные строительные и кровельные	0,22	0,22
Битумы нефтяные строительные и кровельные	0,17	0,17
Асфальтобетон	1,05	1,05
Рубероид, пергамин	0,17	0,17
Линолеум поливинилхлоридный многослойный	0,38	0,38
Линолеум поливинилхлоридный многослойный	0,33	0,33
Линолеум поливинилхлоридный на тканевой подоснове	0,35	0,35
Линолеум поливинилхлоридный на тканевой подоснове	0,29	0,29
Линолеум поливинилхлоридный на тканевой подоснове	0,23	0,23
<i>V. Металлы и стекло</i>		
Сталь стержневая арматурная	58	58
Стекло оконное	0,76	0,76

ПРИМЕЧАНИЕ: до определения $\lambda \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right]$ следует задаться условиями эксплуатации конструкций: А или Б по таблицам 4, 5

Таблица 4. Влажностный режим внутри помещений

Режим	Влажность внутреннего воздуха; % при температуре		
	До 12°С	От 12 до 24°С	Выше 24°С
Сухой	До 60	До 60	До 60
Нормальный	От 60 до 75	От 50 до 60	От 40 до 50
Влажный	Свыше 75	От 60 до 71	Свыше 75
Мокрый		Свыше 75	

Таблица 5. Условия эксплуатации ограждающей конструкции

Режим	Условия эксплуатации А и Б в зонах влажности		
	сухая	нормальная	влажная
Сухой	А	А	Б
Нормальный	А	Б	Б
Влажный или мокрый	Б	Б	Б

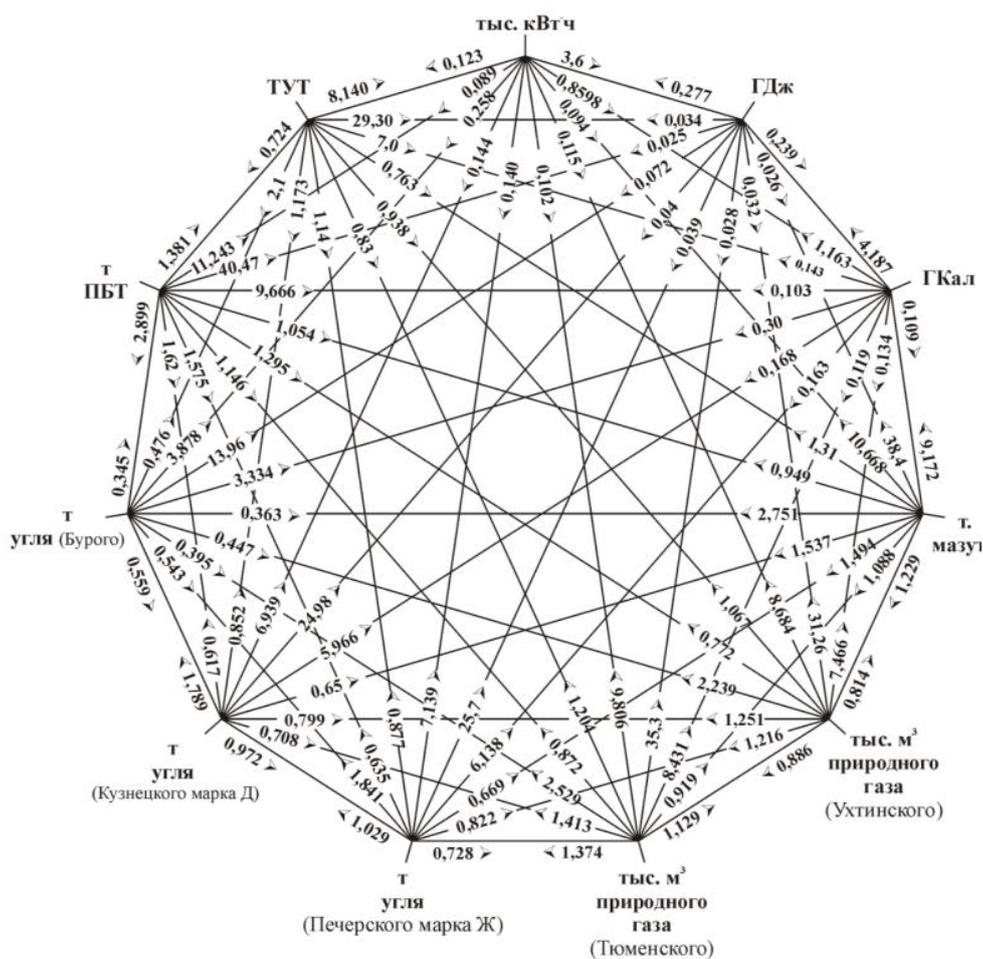


Рисунок 1. Единицы измерения энергии (согласно энергетическому эквиваленту)

