

М.Ю. ДЕРЕВЯНОВ

Основы энергетических обследований

Методические указания к практическим занятиям

Оглавление

Практическое занятие №1. Оценка эффективности мероприятия «Монтаж теплоотражающих конструкций за радиаторами отопления» в натуральном и денежном выражении	3
Практическое занятие №2. Оценка эффективности мероприятия «Восстановление теплоизоляции внутренних трубопроводов систем отопления и горячего водоснабжения (ГВС) в неотапливаемых подвалах и чердаках» в натуральном и денежном выражении	4
Практическое занятие №3. Оценка эффективности мероприятия «Внедрение энергоэффективных светильников. Замена световых приборов и ламп накаливания» в натуральном и денежном выражении.....	8
Практическое занятие №4. Оценка эффективности мероприятия «Применение воздушных завес» в натуральном и денежном выражении	9
Практическое занятие №5. Оценка эффективности мероприятия «Промывка трубопроводов системы отопления. Снижение тепловых и гидравлических потерь за счёт удаления внутренних отложений с поверхностей радиаторов и разводящих трубопроводов» в натуральном и денежном выражении	13
Практическое занятие №6. Оценка эффективности мероприятия «Использование датчиков движения» в натуральном и денежном выражении	15
Практическое занятие №7. Оценка эффективности мероприятия «Монтаж низкоэмиссионных пленок на окна» в натуральном и денежном выражении	17
Практическое занятие №8. Оценка эффективности мероприятия «Применение автоматических дверных доводчиков на входных дверях» в натуральном и денежном выражении	20
Практическое занятие №9. Оценка эффективности мероприятия «Применение автоматических сенсорных смесителей» в натуральном и денежном выражении.....	21
Практическое занятие №10. Оценка эффективности мероприятия «Улучшение теплозащитных свойств ограждающих конструкций здания (кровля)» в натуральном и денежном выражении.....	22
Практическое занятие №11. Оценка эффективности мероприятия «Утепление внутренних перегородок» в натуральном и денежном выражении	23
Практическое занятие №12. Оценка эффективности мероприятия «Утепление наружных дверей и ворот» в натуральном и денежном выражении	25

Практическое занятие №1. Оценка эффективности мероприятия «Монтаж теплоотражающих конструкций за радиаторами отопления» в натуральном и денежном выражении

Теплоотражатель или тепловое зеркало представляет из себя лист теплоизолирующего материала с отражающим слоем который закрепляется на стене с помощью двустороннего скотча[13]. За счёт установки достигается снижение лучистого теплового потока, нагревающего наружную стену в месте за радиатором (см.рис. 4). 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[2].

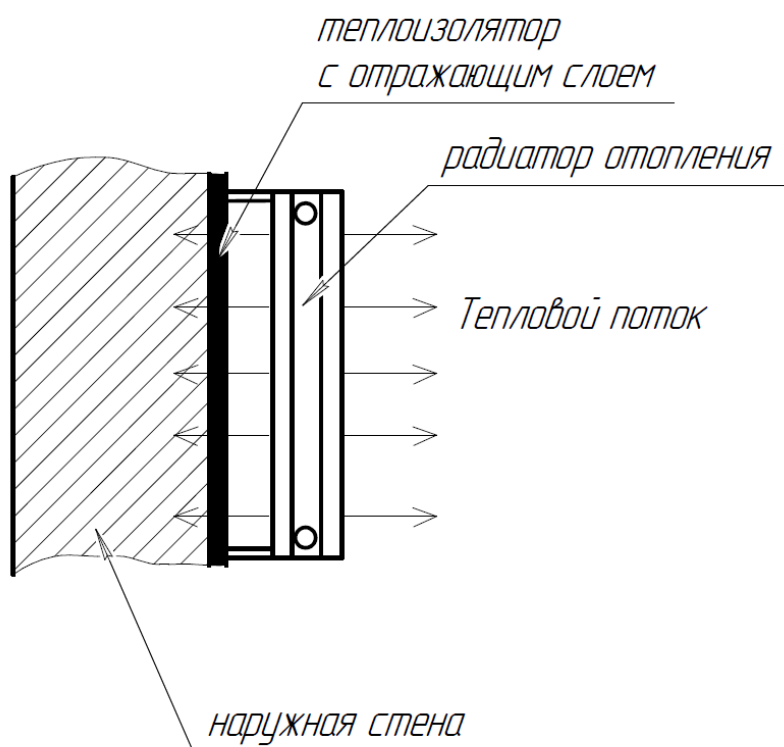


Рисунок 1. Общий вид смонтированного теплоотражателя

Область применения.

Жилой фонд, офисы, административные помещения.

Методика расчёта.

В общем случае теплотери помещения определяются по формуле

$$Q = \frac{1}{R} \cdot F \cdot (t_v - t_{нар}^{cp}) \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} [7] \quad (1)$$

Практические данные показывают что экономия тепла в помещении при установке экрана в среднем составляет 10% от средней мощности тепловых приборов.

Тепло, сэкономленное за отопительный период составит:

$$\Delta Q = 0.1 \cdot Q \cdot n \cdot k, \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (2)$$

Годовая экономия в денежном выражении, тыс. рублей:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta Q \cdot T_{т.э.} \quad (3)$$

где $-T_{т.э.}$ тариф на тепловую энергию, руб./Гкал.

Пример расчёта:

Дано:

- помещение с площадью наружной стены 15 м^2 .
- термическое сопротивление стены составляет $2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ [9]
- температура внутреннего воздуха $t_{в} = 20 \text{ °C}$

Средняя температура наружного воздуха за отопительный период составляет

$$t_{нар}^{cp} = -3.1 \text{ °C}$$

$$Q = \frac{1}{2} \cdot 15 \cdot (20 + 3.1) \cdot 10^{-3} = 0.173 \text{ кВт}$$

Тепло, сэкономленное за отопительный период:

$$\Delta Q = 0.173 \cdot 0.1 \cdot 214 \cdot 24 = 89 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 0.07 \text{ Гкал}$$

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

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta Q \cdot T_{т.э.} = 0,07 \cdot 1818,70 = 127,31 \text{ руб.}$$

Практическое занятие №2. Оценка эффективности мероприятия «Восстановление теплоизоляции внутренних трубопроводов систем отопления и горячего водоснабжения (ГВС) в неотапливаемых подвалах и чердаках» в натуральном и денежном выражении

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.

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.

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.5) [10].

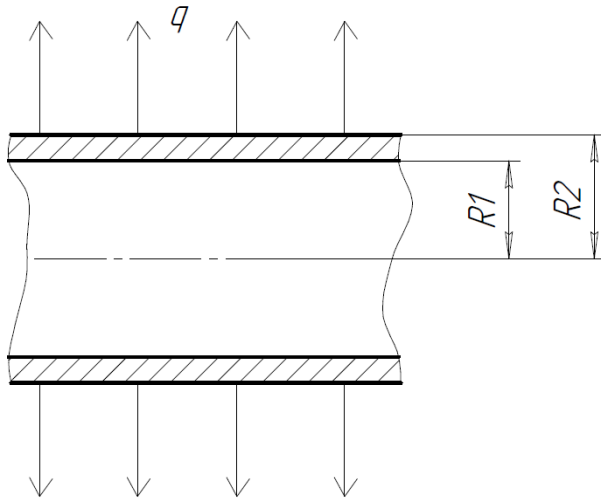


Рисунок 2. Тепловой поток через металлическую стенку трубы

Тепловой поток теплопроводностью через металлическую стенку трубы определяется как

$$Q = \frac{\pi \cdot (t_{нов} - t_{внут}) \cdot L}{\frac{\ln\left(\frac{d+2\delta}{d}\right)}{2\lambda} + \frac{1}{\alpha_n \cdot (d+2\delta)}} \quad (4)$$

Здесь d - внутренний диаметр трубопровода, м.
 δ - толщина стенки трубопровода, м

Полный тепловой поток с наружной поверхности трубы определяется как:

$$Q = \alpha_{нар} \cdot F \cdot \Delta T = \alpha \cdot (\pi \cdot d \cdot L) \cdot (t_{нов} - t_{нар}) \quad (5)$$

$$\alpha_{нар} = \alpha_{конв} + \alpha_{лучистое} \quad (6)$$

$$\alpha_{конв} = 10 + 6\sqrt{W} \quad (7)$$

где W - скорость ветра, м/с.

Лучистый тепловой поток с наружной поверхности трубы определяется по формуле:

$$q_{лучистое} = \varepsilon_n \cdot C_0 \cdot \left(\left(\frac{(T_n + 273)}{100} \right)^4 - \left(\frac{(T_в + 273)}{100} \right)^4 \right) \quad (8)$$

где C_0 - коэффициент излучения абсолютно чёрного тела
 $C_0 = 5.67 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4$

ε_n - степень черноты

Для оголённого участка трубопровода принимается 0.9.

Лучистый коэффициент теплоотдачи соответственно:

$$\alpha_{лучистое} = \frac{\varepsilon_n \cdot C_0 \cdot \left(\left(\frac{(T_n + 273)}{100} \right)^4 - \left(\frac{(T_в + 273)}{100} \right)^4 \right)}{T_n - T_в} \quad (9)$$

Этапы расчёта:

1) Задаёмся температурой поверхности трубопровода исходя из приблизительного соотношения

$$t_{пов} = \frac{t_{внут} + t_{нар}}{2} \quad (10)$$

2) Определяем $q_{л}$ согласно формуле (25)

3) Определяем $\alpha_{лучистое}, \alpha_{конв}, \alpha_{нар}$ [6] по формулам (8), (9), (10) соответственно

4) Находим Q по формуле (20).

5) Находим $t_{пов}$ из формулы (26).

6) Сравниваем значение полученное в п.5 с исходно заданным в п.1. В случае несовпадения задаёмся новой температурой поверхности и проходим этапы расчёта заново, до совпадения заданной и полученной температур поверхности трубопровода.

Для изолированного трубопровода, формула (20) имеет вид:

$$Q_{изоляция} = \frac{\pi \cdot (t_{внут} - t_{нар}) \cdot L}{\frac{\ln\left(\frac{d+2\delta}{d}\right)}{2\lambda} + \frac{\ln\left(\frac{d+2\delta+2\delta_{из}}{d+2\delta}\right)}{2\lambda_{из}} + \frac{1}{\alpha_n \cdot (d+2\delta+2\delta_{из})}} \quad (11)$$

Формула для определения годовой экономии энергии:

$$\Delta Q = (Q - Q_{изоляция}) \cdot t \quad (12)$$

где t – годовое число часов работы трубопровода.

Годовая экономия в денежном выражении, тыс. рублей:

$$\Delta Э = \Delta Q \cdot T_{т.э.} \quad (13)$$

где $T_{т.э.}$ тариф на тепловую энергию, руб./Гкал.

Пример расчёта

Дан стальной трубопровод внутренним диаметром 200 мм с толщиной стенки 5 мм. Теплопроводность стали 50 Вт/м°C. Температура протекающего теплоносителя составляет 70 °С. Температура окружающей среды 10 °С. Скорость ветра 3 м/с. Толщина изоляции 10мм, теплопроводность изоляции 0.05 Вт/м °С.

Задаёмся температурой поверхности трубопровода

$$t_{пов} = 40^\circ C$$

Определяем лучистый поток

$$q_{лучистое} = \varepsilon_n \cdot C_0 \cdot \left(\left(\frac{(T_n + 273)}{100} \right)^4 - \left(\frac{(T_с + 273)}{100} \right)^4 \right) =$$

$$5.67 \cdot 0.9 \cdot \left(\left(\frac{(40 + 273)}{100} \right)^4 - \left(\frac{(10 + 273)}{100} \right)^4 \right) = 162 \text{ Вт}$$

Определяем лучистый коэффициент теплоотдачи

$$\alpha_{лучистое} = \frac{5.67 \cdot 0.9 \cdot \left(\left(\frac{(40 + 273)}{100} \right)^4 - \left(\frac{(10 + 273)}{100} \right)^4 \right)}{40 - 10} = 5.6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Определяем конвективный коэффициент теплоотдачи

$$\alpha_{конв} = 10 + 6 \cdot \sqrt{3} = 20 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}$$

Полный коэффициент теплоотдачи равен

$$\alpha = \alpha_{\text{конв}} + \alpha_{\text{лучистое}} = 20 + 5.6 = 25.6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Определяем тепловой поток с 1м трубы

$$Q = \frac{\pi \cdot (t_{\text{внут}} - t_{\text{нар}}) \cdot L}{\frac{\ln\left(\frac{d+2\delta}{d}\right)}{2\lambda} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}} \cdot (d+2\delta)}} = \frac{3.1416 \cdot (70-10) \cdot 1}{\frac{\ln\left(\frac{0.2+2 \cdot 0.005}{0.2}\right)}{2 \cdot 50} + \frac{1}{25.6 \cdot (0.2+2 \cdot 0.005)}} = 969.67 \text{ Вт}$$

Зная тепловой поток уточним предварительно заданную температуру поверхности трубопровода.

$$Q = \alpha_{\text{нар}} \cdot F \cdot \Delta T = \alpha \cdot (\pi \cdot d \cdot L) \cdot (t_{\text{нов}} - t_{\text{нар}})$$

$$t_{\text{нов}} = t_{\text{нар}} + \frac{Q}{\alpha \cdot \pi \cdot d \cdot L} = 10 + \frac{969.7}{25.6 \cdot 3.14 \cdot 0.201} = 69.8 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Полученная температура отличается от предварительно заданной, следовательно итерации продолжаются до тех пор, пока значения не совпадут с заданной погрешностью.

Формула для теплового потока с поверхности изолированного трубопровода.

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

$$= \frac{3.14 \cdot (70-10) \cdot 1}{\frac{\ln\left(\frac{0.21}{0.2}\right)}{2 \cdot 50} + \frac{\ln\left(\frac{0.22}{0.21}\right)}{2 \cdot 0.05} + \frac{1}{25.6 \cdot (0.22)}} = 292.9 \text{ Вт}$$

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 1м. Число часов работы трубопровода принято равным 5000 в год.

$$\Delta Q = (Q - Q_{\text{изолир}}) \cdot t = (970 - 293) \cdot 5000 = 3385 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 2.9 \text{ Гкал}$$

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

$$\Delta \text{Э} = \Delta Q \cdot T_{\text{т.э}} = 2,9 \cdot 1818,70 = 5274,23 \text{ руб.}$$

Практическое занятие №3. Оценка эффективности мероприятия «Внедрение энергоэффективных светильников. Замена световых приборов и ламп накаливания» в натуральном и денежном выражении

Краткое описание энергосберегающего мероприятия

Замена осветительных приборов на более эффективные легко реализуется, при этом достигается не только экономия электроэнергии, но и существенно увеличивается срок службы ламп, следовательно, снижаются эксплуатационные расходы. Более качественное освещение создает комфортные условия труда и повышает производительность работников предприятия.

Область применения

а) Люминесцентные лампы нашли широкое применение в освещении общественных зданий: школ, больниц, офисов и т.д. С появлением компактных люминесцентных ламп с электронными балластами, которые можно включать в патроны E27 и E14 вместо ламп накаливания, люминесцентные лампы завоёвывают популярность и в быту.

Люминесцентные лампы широко применяются также и в местном освещении рабочих мест при высоте потолков менее 5 метров, в световой рекламе, подсветке фасадов [11].

б) Область применения светодиодных ламп постоянно расширяется и, на данный момент, включает в себя: промышленное аварийное освещение, использование в заградительных огнях на высотных строениях и башнях связи, различные виды подсветки. Светодиодные лампы идеальны при использовании в витринах, для локальной подсветки товаров для которых важен температурный режим хранения[8].

Исходные данные:

C_1 – световая отдача, имеющейся лампы (лм/Вт),

C_2 – световая отдача, лампы замены (лм/Вт),

F – площадь помещения (m^2),

R – нормативная освещенность для данного типа помещений (лм/ m^2).

Алгоритм расчета энергосберегающего эффекта:

Посчитать энергетический эффект ΔQ (Вт) от замены ламп накаливания на энергосберегающие лампы:

$$\Delta Q = R \cdot F / (C_2 - C_1) \quad (14)$$

Годовая экономия в денежном выражении, тыс. рублей:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta Q \cdot T_{3,3} \quad (15)$$

где $T_{3,3}$ тариф на электрическую энергию, руб./кВт.

Пример расчета:

Возьмем для расчета вентилируемое офисное помещение общей площадью $F = 30 m^2$ и посчитаем в нем эффект от замены ламп накаливания ($C_1 = 15$ лм/Вт) на люминесцентные ($C_2 = 60$ лм/Вт), нормативная освещенность для офисного помещения $R = 300$ лм/ m^2 (1):

$$\Delta Q = R \cdot F / (C_2 - C_1) = 300 \cdot 30 / 45 = 200 \text{ Вт}$$

Годовая экономия в денежном выражении при тарифе $T_{3,3} = 4,60$ руб/Гкал:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta Q \cdot T_{3,3} = 200 \cdot 4,60 = 920 \text{ руб.}$$

Таблица 1. Виды ламп

Источник света	Световая отдача(лм/Вт)	Средний срок службы, (час)
лампа накаливания	7 ÷ 22	1000 ÷ 2000
люминесцентная лампа	50 ÷ 90	5000 ÷ 12000
светодиодная лампа	40 ÷ 50	50000

Практическое занятие №4. Оценка эффективности мероприятия «Применение воздушных завес» в натуральном и денежном выражении

Краткое описание энергосберегающего мероприятия

Установка воздушной завесы для обеспечения во время открывания ворот в помещения соответствующей температуры на рабочих местах. Воздушная завеса – это результат взаимодействия двух потоков: воздушной струи и набегающего на нее горизонтального потока воздуха. Воздушная струя, не препятствуя движению людей и транспорта, как правило, существенно уменьшает количество проникающего в помещение холодного наружного воздуха, что приводит к значительной экономии энергии на отопление.

Область применения

Воздушные или воздушно-тепловые завесы устанавливают:

а. У ворот, открывающихся чаще 5 раз или не менее чем на 40 мин в смену, расположенных в районах с расчетной температурой наружного воздуха для холодного периода года – 15°C и ниже (параметры Б), если исключена возможность устройства тамбуров или шлюзов.

б. У ворот или технологических проемов при любых наружных температурах и любой продолжительности открывания при соответствующем обосновании.

в. В тамбурах и шлюзах у входных дверей вестибюлей общественных зданий и вспомогательных зданий промышленных предприятий.

г. В тамбурах и шлюзах у входных дверей общественных и производственных зданий и помещений, оборудованных системами кондиционирования воздуха.

Исходные данные:

$t_{в}$ – расчетная температура внутреннего воздуха (°C),

K_q – коэффициент расхода,

$t_{н}$ – расчетная температура наружного воздуха (°C),

v – скорость ветра (м/с),

$t_{о п}$ – средняя за отопительный период температура наружного воздуха (°C),

n – продолжительность отопительного периода (сутки),

γ – угол подачи воздуха в воздушной завесе,

B – ширина двери (м),

H – высота двери (м),

$F_{щ}/F_{дв}$ – отношение площади щели для подачи воздуха и площади двери

Алгоритм расчета энергосберегающего эффекта:

Для производственных помещений массовый расход наружного воздуха $G_{вр}$ (кг/с), поступающего через двери или ворота при отсутствии завесы, согласно рекомендациям 1 можно найти, руководствуясь правилами расчета аэрации [5]:

$$G_{вр} = A + (\acute{a} + K \cdot v) \cdot F \quad (16)$$

где: A и \acute{a} – расходы воздуха, определяемые в зависимости от расчетной температуры $t_{н}$ наружного воздуха для проектирования отопления; эта зависимость представлена в табличном виде; F – площадь сечения шахт и открываемых фрамуг в фонарях в м².

Таблица 2. Значения A и \acute{a} при определении расхода наружного воздуха, поступающего через ворота производственного помещения при отсутствии воздушной завесы [4]

Размеры	Внутренняя	Значения	Температура наружного воздуха $t_{н}$, (°C)
---------	------------	----------	--

ворот, м	температура воздуха, °С	А и á, (кг/с)	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40
3 x 3 и 4 x 4	+5 +15	á	-	-	1,27	1,38	1,46	1,51	1,55
3 x 3	+5 +15	A	6,0	5,0	5,8	6,6	7,4	8,1	8,9
4 x 4	+5 +15	A	10,0 12,7	11,6 13,9	13,0 15,0	14,5 16,3	16,0 17,5	17,5 18,8	19,0 20,0

Если температуры внутреннего и наружного воздуха известны, то могут быть определены их плотности и, следовательно, разница давлений и расход воздуха через дверной проём. С учетом действия ветра объёмный расход воздуха, врывающегося через дверь или ворота, может быть определен из уравнения (2):

$$L_{вр} = V \cdot N \cdot [0,333 \cdot K_q \cdot (g \cdot N \cdot \Delta\rho/\rho)^{0,5} + 0,25 \cdot v/2] \quad (17)$$

где: g – ускорение свободного падения равное $9,81 \text{ м/с}^2$, $\Delta\rho$ – разница воздушных масс; ρ – средняя плотность воздушных масс; $0,5$ частотный фактор направления ветра. Общий расход воздуха через открытую дверь [4].

Представляет собой сумму расходов, образующихся вследствие разницы давлений и воздействия ветра.

Тепловая мощность (кВт), необходимая для нагрева воздуха, врывающегося в ворота, без завесы находится по формуле:

$$Q = G_{вр} \cdot C_p \cdot (t_b - t_n) \quad (18)$$

где: C_p – теплоемкость воздуха.

Расход тепла (кВт·час) за период времени n (в часах) без действующей завесы:

$$Q_n = G_{вр} \cdot C_p \cdot (t_b - t_n) \cdot n \cdot k \quad (19)$$

где: k – коэффициент, учитывающий фактическое время открывания ворот в течении часа $k = \tau/60$, τ – время открывания ворот в минутах).

Тепловая мощность (кВт), необходимая для нагрева воздуха, врывающегося в ворота с работающей завесой, находится по формуле:

$$Q_n = G_{вр}^3 \cdot C_p \cdot (t_b - t_{cp}) \cdot k \quad (20)$$

где: t_{cp} – средняя температура воздуха (в °С), которая находится по формуле:

$$t_{cp} = \frac{G_{вр}^3 \cdot t_n^{cp} + G_3 \cdot t_3}{G_{вр}^3 + G_3} \quad (21)$$

В формуле (35) G_3 – расход воздуха, создаваемый завесой; t_3 – температура воздуха подаваемого завесой (если воздух забирается вентилятором из рабочей зоны, то $t_3 = t_b$).

Расход тепла (кВт·час) за период времени n (в часах) с действующей завесой:

$$Q_{зп} = G_{вр} \cdot C_p \cdot (t_b - t_{cp}) \cdot n \cdot k \quad (22)$$

Чтобы получить энергосберегающий эффект нужно из расхода тепла без действующей завесы Q_n вычесть расход тепла с действующей завесой $Q_{зп}$:

$$\Delta = Q_n - Q_{зп} \quad (23)$$

Годовая экономия в денежном выражении, тыс. рублей:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta \cdot T_{т.э.} \quad (24)$$

где $T_{т.э.}$ тариф на тепловую энергию, руб./Гкал.

Пример расчета:

Возьмем для расчета вентилируемое помещение со следующими характеристиками

$$\begin{aligned} t_b &= 18 \text{ } ^\circ\text{C}, \\ K_q &= 0,3, \\ t_n &= -31 \text{ } ^\circ\text{C}, \\ v &= 3,7 \text{ м/с}, \\ t_{оп} &= -4,1 \text{ } ^\circ\text{C}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= 231 \text{ сутки,} \\
 \gamma &= 45^{\circ}, \\
 B &= 4 \text{ м,} \\
 H &= 4 \text{ м,} \\
 F_{ш}/F_{дв} &= 1/30.
 \end{aligned}$$

Расход тепла на прогрев воздуха, врывающегося в помещение, учитывается в тепловом балансе при расчете отопления.

Результаты расчета расхода воздуха из уравнения (2), мощности на прогрев врывающегося воздуха (3) и расхода тепловой энергии за отопительный период (4) представлены в таблице ниже:

$L_{вр}$ м ³ /с	$L_{вр}$ м ³ /ч	$G_{вр}$ кг/с	$G_{вр}$ кг/ч	Q кВт	Q _п МВт·ч
14,91	53671	18,83	67782	418,2	96,6

Расход воздуха, врывающегося в помещение, при действующей завесе определим как:

$$G_{вр}^3 = K_q \cdot G_{вр} = 0,4 \cdot 18,83 = 7,53 \text{ кг/с}$$

Расход воздуха, создаваемый завесой определим как:

$$G_{вр}^3 = q \cdot G_{вр} = 0,35 \cdot 18,83 = 6,59 \text{ кг/с}$$

Значение коэффициента K_q определили из графика на рисунке по кривой 2 и $K_q = 0,4$.

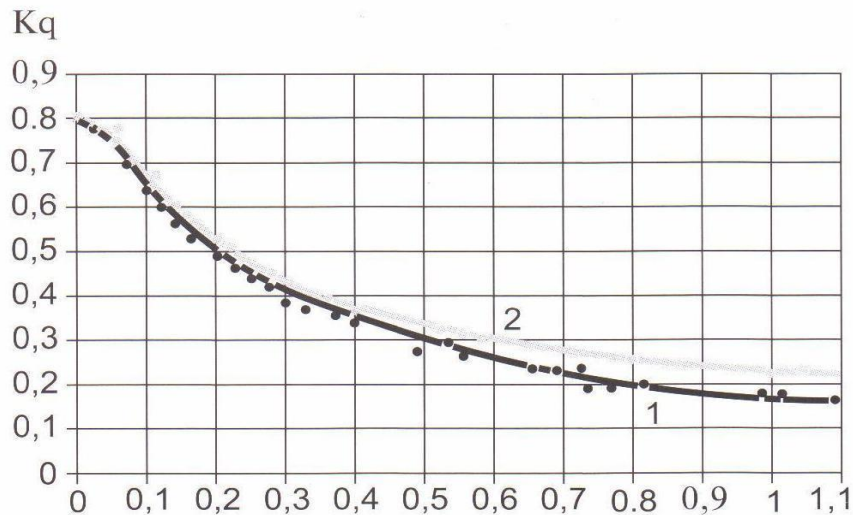


Рисунок 3. Зависимости коэффициента расхода воздуха через ворота, защищенные завесой от относительного расхода воздуха: 1 – односторонняя завеса, 2 – двухсторонняя завеса

Полагая, что воздух вентилятором завесы забирается из помещения, найдем среднюю температуру воздуха, проникающего в помещение при действии воздушной завесы:

$$t_{cp} = (7,53 \cdot (-4,1) + 6,59 \cdot 18) / (7,53 + 6,59) = 6,2 \text{ }^{\circ}\text{C,}$$

Тепловая мощность (кВт), необходимая для нагрева воздуха, вырывающегося в ворота, с работающей завесой

$$Q_3 = G_{вр}^3 \cdot C_p \cdot (t_v - t_{cp}) = 7,53 \cdot 1 \cdot (18 - 6,2) = 80,85 \text{ кВт}$$

Расход теплоты на нагрев воздуха за отопительный период

$$Q_{pg} = G_{дн} \cdot C_p \cdot (t_d - t_{ch}) \cdot n \cdot k = 7,53 \cdot 1 \cdot (18 - 6,2) \cdot 231 \cdot 24 \cdot (1/24) = 18,68 \text{ МВт}$$

Сравнение с результатами, представленными в табл. 4 показывает, что потребление тепловой энергии при действующей завесе снижается почти в 5 раз.

$$\Delta Q = 96,6 - 18,68 = 77,92 \text{ МВт} = 90,62 \text{ Гкал}$$

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

$$\Delta \text{Э} = \Delta Q \cdot T_{т.э.} = 90,62 \cdot 1818,70 = 164\,810,60 \text{ руб.}$$

Практическое занятие №5. Оценка эффективности мероприятия «Промывка трубопроводов системы отопления. Снижение тепловых и гидравлических потерь за счёт удаления внутренних отложений с поверхностей радиаторов и разводящих трубопроводов» в натуральном и денежном выражении

Краткое описание энергосберегающего мероприятия

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 [12].

Область применения мероприятия

Трубопроводы, обследование которых показало наличие отложений.

Исходные данные

Геометрические параметры трубопроводов (длина, внутренний диаметр). Расход теплоносителя и его температура.

Методика расчёта

Определим затраты на прокачку теплоносителя через стальной трубопровод с внутренним диаметром 50мм. Теплоноситель – вода. Скорость движения 3.5 м/с.

Потери давления делятся на 2 группы:

- По длине
- На местных сопротивлениях(переходы, сужения, расходомерные и балансировочные шайбы, тройники и тд.)

Для потерь по длине:

В данном случае применяется формула Дарси-Вейсбаха

$$\Delta P = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\rho \omega^2}{2}, \text{ Па} \quad (25)$$

Где λ -коэффициент потерь по длине

L-длина участка трубопровода, м

D-его внутренний диаметр, м

ρ -плотность жидкости, кг/м³

ω -скорость движения жидкости, м/с.

Re-число(критерий) Рейнольдса, определяемое следующим соотношением:

$$\text{Re} = \frac{L \cdot \omega}{\nu} \quad (26)$$

где

L-характерный размер(диаметр трубы)

ω -скорость течения, м/с

ν -коэффициент кинематической вязкости(зависит от температуры и рода жидкости).

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

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

$$\lambda = \frac{68}{Re}, \quad (27)$$

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

$$\lambda = \frac{0.316}{\sqrt[4]{Re}} \quad (28)$$

Подставляя значения лямбда в исходное уравнение, получим:

$$\Delta P = \frac{68\nu * L * \rho \omega^2}{D * \omega * D * 2} = \frac{68\nu * L * \rho \omega}{D^2 * 2} \quad (29)$$

Используем уравнение для расхода

$$G = \rho \cdot \omega \cdot S = (\rho \cdot \omega) \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4} \quad (30)$$

Подставляя из уравнения для расхода значение $\rho \omega$ в уравнение потерь имеем

$$\Delta P = \frac{68\nu * L * 4 * G}{D^2 * 2 * \pi * D^2} = \frac{68\nu * 2 * L * G}{2 \cdot \pi \cdot D^4}$$

Таким образом, при прочих равных условиях (расход, род жидкости, её температура) отношений давлений обратно пропорционально для ламинарного течения диаметру в 4-ой степени.

Затраты на перекачку определяются по формуле:

$$N = \frac{\Delta P * V}{\eta_{нас}} \quad (31)$$

где V – объем перекачиваемого теплоносителя, $\eta_{нас}$ – КПД насоса.

Годовая разница в затратах электроэнергии определяется по формуле:

$$\Delta E = (\Delta N) * m * n \quad (49)$$

где m – число часов работы насоса за отопительный период, n – прирост затрат на прокачку теплоносителя на прямом участке трубы.

Годовая экономия в денежном выражении, тыс. рублей:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta E \cdot T_{э.э.} \quad (32)$$

где $T_{э.э.}$ – тариф на электрическую энергию, руб./кВт.

Пример расчёта

Определить отношение падения давлений если в трубе 200мм внутренние отложения толщиной 1мм по сравнению с чистой трубой.

$$\frac{\Delta P_2}{\Delta P_1} = \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^4 = \left(\frac{0.2}{0.200 - 0.002} \right)^4 = 1,04$$

Это означает что при нарастании отложений в 1 мм в трубе диаметром 200 мм затраты на прокачку теплоносителя на прямом участке трубы вырастают на 4%.

Для чистой трубы 200 мм без отложений длиной 100м с расходом горячей воды 50кг/с:

$$\Delta P_1 = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\rho \omega^2}{2}$$

Скорость течения воды определяется из уравнения расхода

$$\omega = \frac{G}{\rho \cdot S} = \frac{50 * 4}{1000 * 3.1416 * 0.2^2} = 1.59 м/с$$

Критерий Рейнольдса составляет (для воды с температурой 90 °С и соответствующей кинематической вязкостью)

$$Re = \frac{0.2 * 1.59}{317 * 10^{-6}} = 1003$$

Режим течения ламинарный.

Формула для расчёта коэффициента потерь на трение

$$\lambda = \frac{68}{Re} = \frac{68}{1003} = 0.068$$

$$\Delta P_1 = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\rho \omega^2}{2} = 0.068 * \frac{100}{0.2} * \frac{1000 * 1.59^2}{2} = 42957 Pa = 43 kPa$$

Затраты на перекачку определяются по формуле:

$$N = \frac{\Delta P * V}{\eta_{нас}} = \frac{42957 * 0.05}{0.9} = 2388 B = 2.4 kB$$

КПД насоса принят равным 0.9.

Определим годовую разницу в затратах электроэнергии по формуле. Годовое число часов работы примем 5000.

$$\Delta E = (\Delta N) * t = 2.4 * 0.04 * 5000 = 480 kBt * ч$$

Годовая экономия в денежном выражении при тарифе Тэ.э = 4,60 руб/Гкал:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta Q \cdot T_{э.э} = 480 * 4,60 = 2\ 208 \text{ руб.}$$

Практическое занятие №6. Оценка эффективности мероприятия «Использование датчиков движения» в натуральном и денежном выражении

Общая информация

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.

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.).

Исходные данные

- Размеры помещения АхВ, м.
- Назначение помещения и высота потолков.
- Тип установленных осветительных приборов, их количество и мощность.
- Время работы системы освещения в месяц в часах.

Алгоритм расчёта энергосберегающего эффекта

Для расчёта количества ламп применим формулу:

$$N = \frac{E * k * S_p * Z}{F * h} \quad (33)$$

где E – норма освещённости, Лк.

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 – площадь помещения, м².

Z– коэффициент минимальной освещённости, принимаемый для ламп накаливания и газоразрядных ламп высокого давления 1.15, для люминисцентных ламп 1.1.

F– световой поток 1 лампы, определяемый по формуле:

$$F = g * P_{л} \quad (34)$$

$P_{л}$ – электрическая мощность лампы, Вт

g–светоотдача лампы (для люминисцентных равна 0.45лм/Вт).

h– коэффициент использования светового потока, зависит от индекса помещения, высоты подвеса светильников, типа ламп[8].

Индекс помещения (i) определяется по формуле:

$$i = \frac{AB}{H_p(A+B)}, \quad (35)$$

где A и B – длина и ширина помещения, м;

H_p – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м.

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

$$P_{\Sigma} = P_1 * N, \text{ Вт} \quad (36)$$

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:

$$\Delta W = \frac{P_{\Sigma} \cdot n_1 \cdot k_{э}}{1000}, \text{ кВт*ч} \quad (37)$$

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

$k_{э} = 0.4$ - коэффициент экономии (на основе практических данных).

Годовая экономия в денежном выражении, тыс. рублей:

$$\Delta \text{Э} = \Delta W \cdot T_{э.э}. \quad (38)$$

где $T_{э.э}$. – тариф на электрическую энергию, руб./кВт.

Пример расчёта энергосберегающего эффекта.

Минимальная освещённость принимается по норме: $E = 300 \text{ Лк}$.

Коэффициент запаса лампы принимаем $k = 1.2$ для галогеновых ламп.

Площадь помещения $S_p = 16 * 20 = 320 \text{ м}^2$.

Z - коэффициент минимальной освещённости принимается 1.1.

Выбираем лампы ЛБ-18.

$P_{л} = 18 \text{ Вт}$

$g = 0.45 \text{ лм/Вт}$

Световой поток лампы составит:

$$F = 18 * 0.45 = 810 \text{ лм}$$

Индекс помещения:

$$i = \frac{16 * 20}{(16 + 20) * 3} = \frac{320}{36 * 3} = 2.96$$

Соответственно $h = 0.58$.

Тогда число ламп составит:

$$N = \frac{300 * 1.5 * 1.1 * 320}{810 * 0.58} = 337 \text{ шт.}$$

Суммарная мощность освещения в помещении составит:

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

Месячная экономия электроэнергии:

$$W = \frac{6066}{1000} * (8 * 30) * 0.4 = 582.33 \text{ кВт}.$$

Годовая экономия в денежном выражении при тарифе Тэ.э = 4,60 руб/Гкал:

$$\Delta \text{Э} = \Delta Q \cdot \text{Тэ.э.} = 582,33 * 4,60 = 2\,678,718 \text{ руб.}$$

Практическое занятие №7. Оценка эффективности мероприятия «Монтаж низкоэмиссионных пленок на окна» в натуральном и денежном выражении

Общая информация

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 разбивания или взрыва, уменьшая тем самым вероятность человеческих жертв и защищая имущество.

Таблица 3. Технические характеристики низкоэмиссионной пленки

Наименование	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

Исходные данные:

$\alpha_{в.н.}$ - коэффициент теплоотдачи внутренней и наружной поверхности окна, Вт/(м²·°С)[13];

R_0 - термическое сопротивление существующих окон, м²·°С/Вт [1];

$t_{вн}$ - температура воздуха внутри помещения, °С;

$t_{н}$ - температура наружного воздуха, °С;

N – продолжительность отопительного периода;
 F – площадь остекления, m^2 .

Алгоритм расчета:

Количество потерь тепла через $1 m^2$ обычного стеклопакета, $Гкал/m^2[3]$:

$$Q_T = \frac{(t_{вн} - t_n)}{\frac{1}{\alpha_n} + R_0 + \frac{1}{\alpha_v}} \times 860,4 \times 24 \times \frac{N}{10^9} \quad (39)$$

Согласно распределению потерь тепла, потери на излучение составляют, $Гкал/m^2$:

$$Q_{и} = Q_T \cdot 2 \quad (40)$$

Общие потери тепла через $1 m^2$ окна составляют, $Гкал/m^2$:

$$Q_{окна} = Q_{и} + Q_T \quad (41)$$

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

$$n = \varepsilon_2 / \varepsilon_1 \quad (42)$$

Таким образом, применяя данный коэффициент снижения, к расчету потерь тепла через окна, вычислим потери через $1 m^2$ окна при применении низкоэмиссионной пленки, $Гкал/m^2$:

$$Q_{эмис. окна} = \frac{Q_{и}}{n} + Q_T \quad (43)$$

Экономический эффект данного мероприятия составляет, $Гкал/m^2$:

$$\Delta Q = (Q_{окна} - Q_{эмис. окна}) \cdot F \quad (44)$$

где F – площадь остекления, m^2 .

Годовая экономия в денежном выражении, тыс. рублей:

$$\Delta Э = \Delta Q \cdot T_{т.э.} \quad (45)$$

где $T_{т.э.}$ тариф на тепловую энергию, руб./ $Гкал$.

Пример расчета:

$$t_{вн} = 20^{\circ}C$$

$$t_n = 9,7^{\circ}C$$

$$\alpha_v = 8,7 \text{ Вт}/(m^2 \cdot ^{\circ}C)$$

$$\alpha_n = 25 \text{ Вт}/(m^2 \cdot ^{\circ}C)$$

$$R_0 = 0,37 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}C/\text{Вт}$$

$$Q_T = \frac{20 + 9,7}{\left(\frac{1}{25}\right) + 0,37 + \left(\frac{1}{8,7}\right)} \cdot 860,4 \cdot 24 \cdot \frac{226}{10^9} = 0,246 \text{ Гкал} \cdot \frac{\text{год}}{m^2}$$

$$Q_{и} = 0,246 \cdot 2 = 0,492 \text{ Гкал} \cdot \frac{\text{год}}{m^2}$$

$$Q_{окна} = Q_{и} + Q_T = 0,492 + 0,246 = 0,738 \text{ Гкал} \cdot \frac{\text{год}}{m^2}$$

$$Q_{эмис. окна} = \frac{Q_{и}}{n} + Q_T$$

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

Здесь, n – экономический эффект применения низкоэмиссионной пленки, $\varepsilon_2, \varepsilon_1$ – коэффициенты эмиссии.

$$Q_{эмис. окна} = \frac{0,492}{2,5} + 0,246 = 0,443 \text{ Гкал} \cdot \frac{\text{год}}{m^2}$$

$$\Delta Q = (0,738 - 0,443) \cdot 250 = 73,75 \text{ Гкал}$$

В денежном эквиваленте, при тарифе 1342,11 руб/Гкал, экономия за отопительный период составляет 98 980,61 руб.

Практическое занятие №8. Оценка эффективности мероприятия «Применение автоматических дверных доводчиков на входных дверях» в натуральном и денежном выражении

Краткое описание энергосберегающего мероприятия

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

Исходные данные:

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 30 % тепла, таким образом $k_{eff} = 0,01 \cdot 0,3 = 0,003$;
 E_{Π} – объем тепловой энергии, потребленной в отопительный период в базовом году, Гкал.

Алгоритм расчета:

Годовое сокращение потерь тепла через дверной проем с установленным дверным доводчиком, Гкал

$$\Delta E = k_{eff} \times E_{\Pi} \quad (46)$$

Годовая экономия в денежном выражении, тыс. рублей:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta E \times T_{Т.э.} \quad (47)$$

где $T_{Т.э.}$ тариф на тепловую энергию, руб./Гкал.

Пример расчета:

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

Коэффициент эффективности доводчика k_{eff} (согласно экспериментальным данным доводчики дают примерно 1 % экономии от потерь через входные и межкомнатные двери, при этом через двери теряется порядка 30 % тепла) составляет = 0,003.

Тогда экономия составляет $\Delta V = k_{eff} V_{\Pi} = 0,003 \times 1000 = 3$ Гкал.

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

$\Delta \mathcal{E} = \Delta Q \cdot T_{Т.э.} = 3 \cdot 1818,70 = 5\,456,10$ руб.

Практическое занятие №9. Оценка эффективности мероприятия «Применение автоматических сенсорных смесителей» в натуральном и денежном выражении

Краткое описание энергосберегающего мероприятия

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

Исходные данные:

k_{eff} – коэффициент экономии официально заявляемый производителями автоматических сенсорных смесителей;

V_{Π} – объем воды потребленной за базовый период, м³.

Алгоритм расчета:

Годовое сокращение потерь воды с установленным автоматическим сенсорным смесителем, Гкал

$$\Delta V = k_{eff} \times V_{\Pi} \quad (48)$$

Годовая экономия в денежном выражении, тыс. рублей:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta V \times T_{\text{в}} \quad (49)$$

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

Пример расчета:

Объем воды потребленной за базовый период V_{Π} составляет 1159 куб.м./год.

Коэффициент экономии автоматических сенсорных смесителей, официально заявляемый производителями, k_{eff} составляет 50%.

Тогда экономия составляет $\Delta V = k_{eff} V_{\Pi} = 0,5 \times 1159 = 579,5$ куб. м./год.

Годовая экономия в денежном выражении при тарифе $T_{\text{в}} = 51$ руб/куб.м.: $\Delta \mathcal{E} = \Delta V \times T_{\text{в}} = 579,5 \times 51 = 29\,554,5$ руб.

Практическое занятие №10. Оценка эффективности мероприятия «Улучшение теплозащитных свойств ограждающих конструкций здания (кровля)» в натуральном и денежном выражении

Интерес представляет энергосберегающий эффект от замены изношенной и несвоевременной изоляции с низким коэффициентом сопротивления теплопередаче на новую, имеющую более высокие показатели теплозащиты. Помимо этого за счёт замены изоляции значительно снижаются теплотери за счёт нагрева инфильтрационного воздуха которые являются следствием неплотностей. Эти потери зачастую составляют более 25% от общих теплотерь помещения.

Область применения.

Здания и помещения имеющие изношенную изоляцию с низкими теплозащитными свойствами.

Состав исходных данных для оценки показателей энергосбережения

F- площадь утепляемых внутренних перегородок, м²

R - сопротивление теплопередаче, °C/Вт [9]

t_в - Внутренняя расчётная температура воздуха, °C

t_{нар^{ср}} - средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °C

n- средняя продолжительность отопительного периода, сут.

Порядок расчёта показателей энергосбережения

Средняя за отопительный период тепловая мощность, передаваемая через внутренние перегородки

$$Q = \frac{1}{R} \cdot F \cdot (t_v - t_{нар}^{ср}) \quad (50)$$

Средняя за отопительный период тепловая мощность, передаваемая через кровлю, 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 кровлю, до внедрения мероприятия и после внедрения мероприятия.

$$\Delta Q = (Q - Q') \cdot n \cdot 4 \cdot 24 \quad (51)$$

Годовая экономия в денежном выражении, тыс. рублей:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta Q \times T_{т.э.} \quad (52)$$

где -T_{т.э.} тариф на тепловую энергию, руб./Гкал.

Пример расчёта

Для помещения с площадью внутренних перегородок 12 м², имеем:

Продолжительность отопительного периода n=214 сут.

Средняя температура отопительного периода

$$t_{ср}^{отоп} = -3.1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Расчётная температура наружного воздуха для помещения принимается

$$t_{вн} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Средняя за отопительный период тепловая мощность через 1 устаревшее окно составляет

$$Q = \frac{1}{R} \cdot F \cdot (t_v - t_{нар}^{ср}) = \frac{1}{15} * 240 * (20 - (-3.1)) = 369 \text{ Вт}$$

В качестве примера возьмём окно поливинилхлоридное со стеклопакетами двухкамерными и теплоотражающим покрытием внутреннего стекла, которое согласно вышеприведённой таблице имеет сопротивление теплопередаче 0.65 °С/Вт

Средняя за отопительный период тепловая мощность через 1 новое окно составит:

$$Q' = \frac{1}{R} \cdot F \cdot (t_{в} - t_{нар}^{cp}) = \frac{1}{18} \cdot 240 \cdot (20 - (-3.1)) = 308 \text{ Вт}$$

Экономия тепла за отопительный период

$$\Delta Q = (Q - Q') \cdot n \cdot 4 \cdot 24 = 1253184 \text{ Вт} \cdot \text{ч}$$

или

$$\Delta Q = 1253184 \cdot 3600 / (4,19 \cdot 10^9) = 1,08 \text{ Гкал}$$

Годовая экономия в денежном выражении при тарифе Тт.э = 1818,70 руб/Гкал:

$$\Delta \text{Э} = \Delta Q \cdot \text{Тт.э.} = 1,08 \cdot 1818,70 = 1\,964,20 \text{ руб.}$$

Практическое занятие №11. Оценка эффективности мероприятия «Утепление внутренних перегородок» в натуральном и денежном выражении

Интерес представляет энергосберегающий эффект от замены изношенной и несовременной изоляции с низким коэффициентом сопротивления теплопередаче на новую, имеющую более высокие показатели теплозащиты. Помимо этого за счёт замены изоляции значительно снижаются теплотери за счёт нагрева инфильтрационного воздуха которые являются следствием неплотностей. Эти потери зачастую составляют более 25% от общих теплотерь помещения.

Область применения

Здания и помещения имеющие изношенную изоляцию с низкими теплозащитными свойствами.

Состав исходных данных для оценки показателей энергосбережения

F– площадь утепляемых внутренних перегородок, м²

R– сопротивление теплопередаче, °С/Вт [2]

t_в– Внутренняя расчётная температура воздуха, °С

t_{нар}^{cp}– средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °С

n– средняя продолжительность отопительного периода, сут.

Порядок расчёта показателей энергосбережения

Средняя за отопительный период тепловая мощность передаваемая через внутренние перегородки

$$Q = \frac{1}{R} \cdot F \cdot (t_{в} - t_{нар}^{cp}) \tag{53}$$

Средняя за отопительный период тепловая мощность, передаваемая через внутренние перегородки, 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 кровлю, до внедрения мероприятия и после внедрения мероприятия.

$$\Delta Q = (Q - Q') \cdot n \cdot 4 \cdot 24 \tag{54}$$

Годовая экономия в денежном выражении, тыс. рублей:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta Q \times T_{\text{Т.э.}} \quad (55)$$

где $T_{\text{Т.э.}}$ тариф на тепловую энергию, руб./Гкал.

Пример расчёта

Для помещения с площадью внутренних перегородок 12 м^2 , имеем:

Продолжительность отопительного периода $n=214$ сут.

Средняя температура отопительного периода

$$t_{\text{отоп}}^{\text{сп}} = -3.1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Расчётная температура наружного воздуха для помещения принимается

$$t_{\text{вн}} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Средняя за отопительный период тепловая мощность через 1 устаревшее окно составляет

$$Q = \frac{1}{R} \cdot F \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{нар}}^{\text{сп}}) = \frac{1}{15} * 240 * (20 - (-3.1)) = 369 \text{ Вт}$$

В качестве примера возьмём окно поливинилхлоридное со стеклопакетами двухкамерными и теплоотражающим покрытием внутреннего стекла, которое согласно вышеприведённой таблице имеет сопротивление теплопередаче $0.65 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$

Средняя за отопительный период тепловая мощность через 1 новое окно составит:

$$Q' = \frac{1}{R} \cdot F \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{нар}}^{\text{сп}}) = \frac{1}{18} \cdot 240 \cdot (20 - (-3.1)) = 308 \text{ Вт}$$

Экономия тепла за отопительный период

$$\Delta Q = (Q - Q') \cdot n \cdot 4 \cdot 24 = 1253184 \text{ Вт} \cdot \text{ч}$$

или

$$\Delta Q = 1253184 * 3600 / (4,19 * 10^9) = 1,08 \text{ Гкал}$$

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

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta Q \cdot T_{\text{Т.э.}} = 1,08 * 1818,70 = 1\,964,20 \text{ руб.}$$

Практическое занятие №12. Оценка эффективности мероприятия «Утепление наружных дверей и ворот» в натуральном и денежном выражении

Интерес представляет энергосберегающий эффект от замены изношенных и несовременных дверей с низким коэффициентом сопротивления теплопередаче на новые, имеющие более высокие показатели теплозащиты. Помимо этого за счёт замены дверей значительно снижаются теплопотери за счёт нагрева инфильтрационного воздуха которые являются следствием неплотностей. Эти потери зачастую составляют до 15% от общих теплопотерь помещения.

Область применения.

Здания и помещения имеющие изношенные двери с низкими теплозащитными свойствами.

Состав исходных данных для оценки показателей энергосбережения

F - площадь дверного проема, м²

R - сопротивление теплопередаче, °С/Вт [9]

t_в - Внутренняя расчётная температура воздуха, °С

t_{нар}^{ср} - средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °С

n - средняя продолжительность отопительного периода, сут.

Порядок расчёта показателей энергосбережения

Средняя за отопительный период тепловая мощность передаваемая через двери и ворота определяется по следующей формуле:

$$Q = \frac{1}{R} \cdot F \cdot (t_{в} - t_{нар}^{ср}) \quad (56)$$

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 тепловая мощность передаваемая через двери и ворота до внедрения мероприятия и после внедрения мероприятия.

$$\Delta Q = (Q - Q') \cdot n \cdot 4 \cdot 24 \quad (57)$$

Годовая экономия в денежном выражении, тыс. рублей:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta Q \times T_{т.э.} \quad (58)$$

где -T_{т.э.} тариф на тепловую энергию, руб./Гкал.

Пример расчёта

Для помещения с площадью дверного проема 6 м², имеем:

Продолжительность отопительного периода n=214 сут.

Средняя температура отопительного периода

$$t_{ср}^{отоп} = -3.1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Расчётная температура наружного воздуха для помещения принимается

$$t_{вн} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Средняя за отопительный период тепловая мощность передаваемая через 1 м²устаревшейизношенной дверьюс низкими теплозащитными свойствами составит:

$$Q = \frac{1}{R} \cdot F \cdot (t_{в} - t_{нар}^{cp}) = \frac{1}{6} * 6 * (20 - (-3.1)) = 23,1 \text{ Вт}$$

В качестве примера возьмём утепленную металлическую дверь, которая согласно Таблице 3 [2] имеет сопротивление теплопередаче 13 °С/Вт

Средняя за отопительный период тепловая мощность передаваемая через 1 м² утепленную металлическую дверь составит:

$$Q = \frac{1}{R} \cdot F \cdot (t_{в} - t_{нар}^{cp}) = \frac{1}{13} * 6 * (20 - (-3.1)) = 10,7 \text{ Вт}$$

Экономия тепла за отопительный период

$$\Delta Q = (Q - Q') \cdot n \cdot 4 \cdot 24 = 25535,75 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = 0,22 \text{ Гкал}$$

Годовая экономия в денежном выражении при тарифе Тт.э = 1818,70 руб/Гкал:

$$\Delta \text{Э} = \Delta Q \cdot \text{Тт.э.} = 0,22 * 1818,70 = 400,12 \text{ руб.}$$