ЦЕНТР КОМПЛЕКСНОЙ
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ
И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ
МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Реестр
наилучших доступных энергосберегающих технологий, рекомендуемых для реализации образовательным организациям

2-я редакция

Москва, 2015 г.

Перечень наилучших доступных энергосберегающих технологий

Организационные мероприятия

1. Организационные и малозатратные мероприятия. Внедрение системы энергетического менеджмента.

Экономия тепловой энергии

2. Установка индивидуальных приборов учета тепловой энергии на отопление, вентиляцию и систему горячего водоснабжения (ГВС) здания
3. Организация автоматизированного теплового пункта (ТП), снижение температуры в помещениях в ночное время
4. Утепление фасада корпуса
5. Монтаж теплоотражающих конструкций за радиаторами отопления
6. Замена радиаторов на современные биметаллические с терморегуляторами.
7. Замена оконных блоков энергоэффективными стеклопакетами
8. Установка климатических клапанов на окна ПВХ
9. Установка на светопроемах энергосберегающих пленок типа Nanofilm
10. Применение автоматических дверных доводчиков на входных дверях
11. Улучшение теплозащитных свойств ограждающих конструкций здания (кровля)
12. Утепление наружных дверей и ворот
13. Теплоизоляция (восстановление теплоизоляции) внутренних трубопроводов систем отопления и горячего водоснабжения (ГВС) в неотапливаемых подвалах и чердаках
14. Проведение химической промывки системы теплоснабжения учреждения
15. Установка эмульгатора мазута
16. Установка контактных теплообменников в объектах с приточно-вытяжной вентиляцией
17. Замена горелочных устройств
18. Автоматизация процесса горения

Экономия воды

19. Установка аэраторов с регуляторами расхода
20. Применение автоматических сенсорных смесителей.

Экономия электрической энергии

21. Замена приборов учета электрической энергии с отрицательной погрешностью на электронные с классом точности не ниже 0,5 s;
22. Применение энергосберегающего светотехнического оборудования с использованием светодиодных ламп;
23. Применение светочувствительных датчиков управления уличным освещением;
24. Применение датчиков движения и присутствия в системе внутреннего освещения;
25. Компенсация реактивной мощности в сетях;
26. Установка частотно регулируемого привода (ЧРП) на асинхронные двигатели;
27. Замена энергоемких электрических кухонных плит на индукционные;
28. Установка в рабочих кабинетах электронных ключей карт.
29. Снижение высоты подвеса светильников.

31. Применение диммирования в системе освещения.

32.Увеличение производства электрической энергии с применением установок по использованию энергии ветра и солнца и их комбинаций, содействие строительству малых гидроэлектростанций, а также геотермальных источников энергии в местах возможного их использования

32.1. Использование энергии солнца.

32.2. Использование энергии ветра.

33. Выделение центров нагрузок, переход с низкого напряжения на более высокое

Перечень базовых энергосберегающих технологий,
наиболее часто внедряемых в организациях

1. Установка индивидуальных приборов учета тепловой энергии на отопление, вентиляцию и систему горячего водоснабжения (ГВС) здания
2. Организация автоматизированного теплового пункта, снижение температуры в помещениях в ночное время
3. Замена оконных блоков энергоэффективными стеклопакетами
4. Установка климатических клапанов на окна ПВХ
5. Применение аэраторов.
6. Замена приборов учета электрической энергии с отрицательной погрешностью на электронные с классом точности не ниже 0,5s;
7. Применение энергосберегающего светотехнического оборудования с использованием светодиодных ламп;
8. Применение светочувствительных датчиков управления уличным освещением;
9. Применение датчиков движения и присутствия в системе внутреннего освещения;
10. Компенсация реактивной мощности в сетях;
11. Установка частотно регулируемого привода (ЧРП) на асинхронные электродвигатели.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

1. Организационные и малозатратные мероприятия. Внедрение системы энергетического менеджмента

Начальными мероприятиями организационного, технического, правового и информационного обеспечения являются:

- инструктаж персонала по методам энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- информационное обеспечение обслуживающего персонала и ответственных за эксплуатацию инженерных систем;
- установка средств наглядной агитации;
- утверждение форм и порядка морального и материального стимулирования персонала.

Данные мероприятия должны проводиться ежегодно в рамках реализации программы энергосбережения.

Для эффективной организации работ по экономии энергетических ресурсов в соответствии с Ведомственным стандартом администрирования процессов и структур целостного создания и развития энергоменеджмента для повышения энергоэффективности системы профессионального образования Российской Федерации в организации должна быть внедрена система энергетического менеджмента).

Система энергетического менеджмента - это совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих структурных элементов организации, опирающихся на сформулированные организацией энергетическую политику, цели и задачи энергетической эффективности, а также механизм (специальные процессы и процедуры), позволяющий достигать заданного уровня энергетической эффективности

Система энергетического менеджмента позволяет образовательному учреждению:

- выполнять требования федерального законодательства в области энергосбережения и энергетической эффективности,
- принимать меры, необходимые для повышения энергоэффективности
- экономить финансовые ресурсы за счет снижения непроизводительного (излишнего) потребления энергетических ресурсов;
- выявить и сконцентрироваться на наиболее существенных аспектах энергопотребления (объекты, процессы, персонал и т.д.), реализуя интегрированный целостный подход
- обеспечить преемственность при смене персонала и непрерывность усовершенствований в обрасти энергосбережения и энергоэффективности.

В рамках системы энергетического менеджмента за эффективность использования энергоресурсов у конечных потребителей отвечает специально назначенный и обученный специалист - энергоменеджер.

Содержание деятельности энергоменеджера:

- сбор информации о потреблении энергоресурсов каждого подразделения, крупными потребителями (смена, сутки, месяц);
- анализ эффективности использования энергоресурсов на регулярной основе (ежедневно, еженедельно, ежемесячно);
- информирование руководства организации и потребителей о количестве потребленных энергоресурсов, эффективности их использования;

- планомерная работа с подразделениями (потребителями) и техническими службами по снижению уровня энергопотребления и улучшению эффективности использования энергоресурсов (пропаганда вопросов энергосбережения, лекции, семинары);
- внедрение мероприятий по направлениям технических служб нацеленных на повышение эффективности производства.

В структурной схеме энергоменеджер должен подчиняться непосредственно техническому директору или главному инженеру. Для эффективного функционирования системы энергетического менеджмента необходима заинтересованность и непосредственное участие руководства организации в этом процессе.

ЭКОНОМИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

2. Установка индивидуальных приборов учета тепловой энергии на отопление, вентиляцию и систему горячего водоснабжения (ГВС) здания

Существующее положение:

В случае отсутствия прибора учета рекомендуется организовать узел учета потребляемой тепловой энергии. Это необходимо для того, чтобы знать фактическое количество потребляемого тепла, а не определять его расчетным способом, который дает большую погрешность. Только с помощью прибора учета тепловой энергии можно будет определить реальный экономический эффект от внедрения мероприятий, направленных на сокращение потребления тепловой энергии.

Узел учета тепловой энергии - комплекс приборов и устройств, обеспечивающих учет тепловой энергии, массы (объема) теплоносителя, а также контроль и регистрацию его параметров. В узел учета тепла входят: вычислитель, преобразователи расхода, температуры, давления, приборы индикации температуры и давления, а также запорная арматура.

Установка прибора учета - это не технология и не метод энергосбережения, это стимул к экономии энергии. При установке приборов учета потребитель тепловой энергии постоянно может наблюдать за потреблением ресурса, тем самым узнавать фактический расход тепла и на сколько можно сократить потребление тепловой энергии, чтобы снизить расходы на энергоресурс.

Предлагаемый вариант:

Для проведения планомерной работы по повышению эффективности использования энергоресурсов, необходимо провести работу по вводу системы учета тепловой энергии.

Затраты определяются при выборе приборов учета.

Подбор приборов учета возможно осуществлять согласно приведенной методике:

Расчеты основаны на следующих нормативных документах:

Правила учета тепловой энергии и теплоносителя, г. Москва, 1995 г.;

Правила эксплуатации теплопотребляющих установок и тепловых сетей потребителей. Главгосэнергонадзор РФ, 1992г.;

ПТБ при эксплуатации теплопотребляющих установок и тепловых сетей потребителей. Главгосэнергонадзор РФ, 1992г.;

СНиП-41-02-2003 - "Тепловые сети";

СНиП-41-01-2003 - "Отопление, вентиляция и кондиционирование";

СНиП-2.04.01.85 - "Внутренний водопровод и канализация зданий";

Нормали тепловых сетей "Справочные материалы для проектирования и строительства в г. Москве" - Альбом № 62/86;

СП41.101-95 - “Проектирование тепловых пунктов”, М., Стройиздат, 1997г.;

Справочник по наладке и эксплуатации водяных тепловых сетей. В.И. Манюк и др., М., Стройиздат, 1988 г.;

Методика определения максимальных и минимальных расходов теплоносителя и воды на тепловых пунктах при выборе тепло и водосчетчиков. М.А. Лапир, Управление топливно-энергетического хозяйства правительства Москвы, 1998;

Расход сетевого теплоносителя на отопление:

$G_{m\ от} = Q_{от} /(c_р \times (t_{от\ под} - t_{от\ обр}))$,

где:

$Q_{от}$ – расчётная тепловая мощность системы отопления здания, Гкал/час;

$t_{от\ под}$ – температура теплоносителя в подающем трубопроводе системы отопления, при расчетной температуре наружного воздуха, °С;

$t_{от\ обр}$ – температура теплоносителя в обратном трубопроводе системы отопления, при расчетной температуре наружного воздуха, °С;

$c_р$ – удельная теплоемкость теплоносителя, Гкал/(т×град) (для воды 10^{-3} Гкал/(т×град)).

Расход сетевого теплоносителя на вентиляцию:

Максимальный расход теплоносителя на вентиляцию:

$G_{m\ вент\ мах} = Q_{вент}/(c_р \times (t_{вент\ под} – t_{вент\ обр}))$,

Где:

$Q_{вент}$ – расчётная тепловая мощность систем вентиляции здания, Гкал/час;

$t_{вент\ под}$ – температура теплоносителя в подающем трубопроводе системы вентиляции, при расчетной температуре наружного воздуха, °С;

$t_{вент\ обр}$ – температура теплоносителя в обратном трубопроводе системы вентиляции, при расчетной температуре наружного воздуха, °С;

$c_р$ – удельная теплоемкость теплоносителя, Гкал/(т×град) (для воды 10-3 Гкал/(т×град)).

Минимальный расход теплоносителя на вентиляцию соответствует случаю подогрева калориферов при выключенных вентиляторах и в соответствии с рекомендациями составляет 10% от максимального теплопотребления системы:

Расход горячей воды в системе ГВС:

Отопительный период:

Максимальный расход воды в циркуляционном трубопроводе системы ГВС в отопительный период:

$G_{m\ ц.max}\ (з) = (1{,}5 \times \beta_ц \times Q_{ГВС\ ц\ (з)})/(\Delta t \times c_р)$,

где $\beta_ц$ – коэффициент разрегулировки циркуляции (1,3 – в соответствии с рекомендациями);

Δt – разность температур воды в подающем трубопроводе системы ГВС между точкой выхода горячей воды из второй ступени водонагревателя теплового пункта и наиболее удаленной водоразборной точкой потребителя, 10 °С;

$c_р$ – удельная теплоемкость воды, 10-3 Гкал/(т×град).

$Q_{ГВС\ ц\ (з)}$ - тепловая мощность на циркуляцию в отопительный период:

$Q_{ГВС\ ц\ (з)} = (Q_{ГВС\ ср} \times К_{тп})/(1+К_{тп})$,

где $К_{тп}$ - коэффициент, учитывающий потери тепла в трубопроводах ГВС (в данном случае $К_{тп}$=0.35).

Минимальный расход воды в циркуляционном трубопроводе системы ГВС в отопительный период:

Максимальный расход воды по подающему трубопроводу в отопительный период:

$G_{m\ под.max\ (з)} = Q_{ГВС\ max\ (з)}/((t_{ГВС\ под}-t_{хв\ (з)})\times c_р) + G_{m\ ц.min\ (з)}$,

где $t_{ГВС\ под}$ – температура воды в подающем трубопроводе ГВС,

$t_{хв(з)}$ – температура холодной воды питающей первую ступень водонагревателя системы ГВС теплового пункта в отопительный период.

$Q_{ГВС\ max\ (з)}$ - максимальное значение тепловой мощности системы ГВС в отопительный период:

$Q_{ГВС\ max\ (з)} = Q_{ГВС\ ср}\times К_{чн}$,

где $К_{чн}$ - коэффициент часовой неравномерности (средневзвешенная величина, учитывающая характер нагрузки, $К_{чн}$=3.5)

Минимальный расход воды по подающему трубопроводу в отопительный период:

Летний период:

Максимальный расход воды в циркуляционном трубопроводе системы ГВС в летний период:

$G_{m\ ц.max\ (л)} = (1{,}5\times\beta_ц\times Q_{ГВС\ ц\ (л)})/(\Delta t\times c_р)$,

где $Q_{ГВС\ ц\ (л)}$ - тепловая мощность на циркуляцию в летний период:

$Q_{ГВС\ ц\ (л)} = (Q_{ГВС\ ср\ (л)}\times К_{тп})/(1+К_{тп})$,

где $Q_{ГВС\ ср\ (л)}$ - среднее значение тепловой мощности в летний период:

$Q_{ГВС\ ср\ (л)} = Q_{ГВС\ ср}\times К_{нп}$,

где $К_{нп}$ - коэффициент учитывающий уменьшение расхода тепловой энергии в неотопительный период (ввиду отсутствия данных принимается равным 0.8)

Минимальный расход воды в циркуляционном трубопроводе системы ГВС в летний период:

$G_{m\ ц.min\ (л)} = (0{,}4\times\beta_ц\times Q_{ГВС\ ц\ (л)})/(\Delta t\times c_р)$

Максимальный расход воды по подающему трубопроводу в летний период:

$G_{m\ под.max\ (л)} = Q_{ГВС\ max\ (л)}/((\ t_{ГВС\ под} - t_{хв\ (л)})\times c_р) + G_{m\ ц.min\ (л)}$,

где $t_{хв\ (л)}$ - температура холодной воды питающей первую ступень водонагревателя системы ГВС теплового пункта в летний период.

$Q_{ГВС\ max\ (л)}$ - максимальное значение тепловой мощности системы ГВС в летний период:

$Q_{ГВС\ max\ (л)} = Q_{ГВС\ ср\ (л)}\times К_{чн}$

Минимальный расход воды по подающему трубопроводу в летний период:

$G_{m\ под.min\ (л)} = (\beta_ц\times Q_{ГВС\ ц\ (л)})/(\Delta t\times c_р)$

Подбор осуществляется по максимальным и минимальным расходам в системах отопления, вентиляции и ГВС.

Стоимость приборов с установкой определяется по предложению от организации – поставщика.

3. Организация автоматизированного теплового пункта (ТП), снижение температуры в помещениях в ночное время

Основными элементами ТП являются теплообменное оборудование, циркуляционные насосы, а также система автоматики и запорно-регулирующая арматура.

Первичный теплоноситель (пар, горячая вода) от источника тепловой энергии (котельная) поступает в ТП, где происходит нагрев вторичного теплоносителя (горячая вода), который обеспечивает необходимую тепловую нагрузку потребителя в качестве отопления, горячего водоснабжения и вентиляции. Насосное оборудование обеспечивает циркуляцию теплоносителя в системе теплоснабжения. Система автоматики ТП обеспечивает поддержание заданной температуры воды, идущей на горячее водоснабжение, а также осуществляет регулирование температуры горячей воды, идущей на системы отопления и вентиляции потребителя, согласно температурному графику системы теплоснабжения. Регулирование температуры воды осуществляется на основании сигналов, поступающих от датчиков температуры окружающей среды. Приборы учета тепла, являющиеся составной частью ТП, позволяют определить фактический расход тепловой энергии и теплоносителя для нужд отопления и горячего водоснабжения.

Простейшая схема системы автоматизации ТП приведена на рисунке 1.

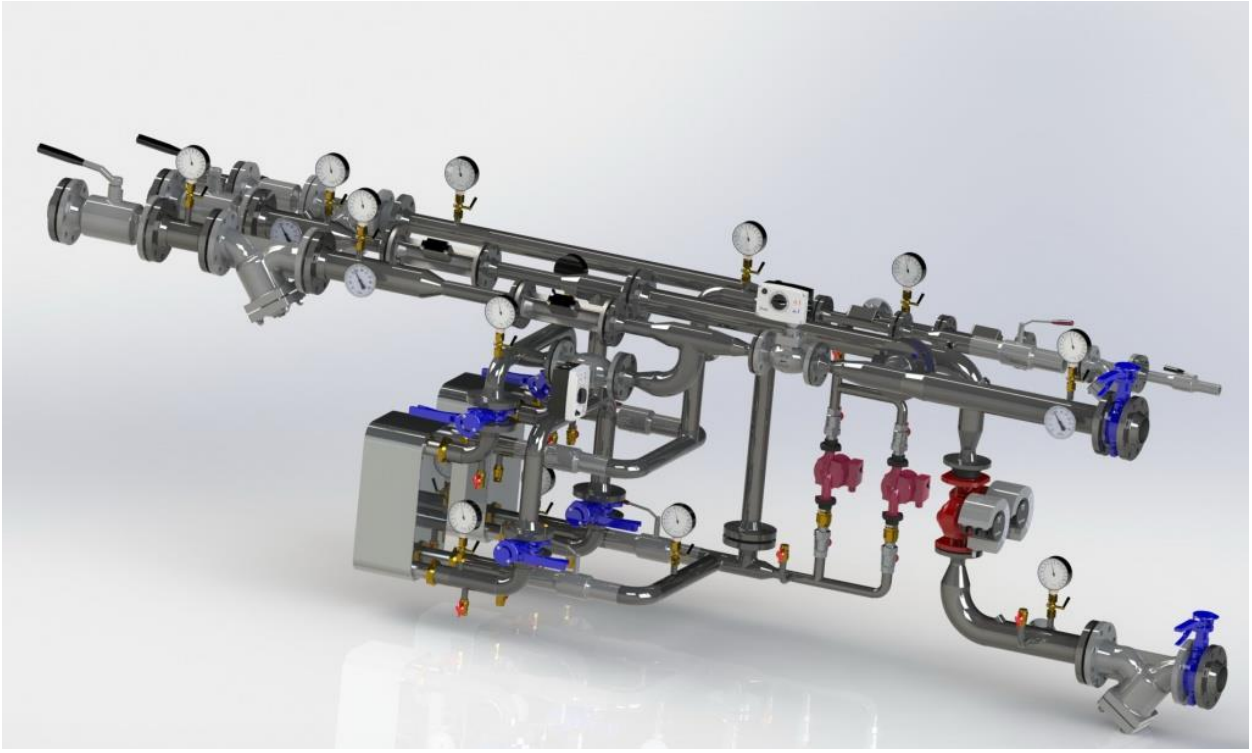


Рисунок 1. Пример системы автоматизации теплового пункта.

Периодический режим работы системы отопления применяют в производственных, гражданских, учебных, спортивных, торговых, административных зданиях, используемых для работы неполные сутки и дни недели, в которых допускается снижение температуры внутри помещений в нерабочее время. В режиме работы системы отопления в течение суток наблюдаются три характерных промежутка времени:

- основной рабочий режим, когда в помещении поддерживаются заданные параметры температуры и влажности;
- дежурный режим, когда после основного режима система отопления переводится на режим поддержания пониженной температуры в помещении;
- режим форсированного нагрева помещения, в течение которого система отопления переводится на возможно быстрый разогрев помещения после охлаждения.

В помещениях наблюдается и недельный цикл, когда в выходные и праздничные дни в течение полных суток может поддерживаться дежурный режим отопления и сниженная температура в помещении. Для поддержания дежурного режима используется водяное отопление, которое выполняет функцию поддержания минимального уровня температуры. Но в результате некоторого охлаждения помещения понижается не только температура внутреннего воздуха, но и температура ограждений.

Нагрев ограждений и внутреннего воздуха к началу нового рабочего дня требует времени и дополнительной мощности. Продолжительность и темп нагрева помещения зависят от: термического сопротивления наружных ограждений, влияющего на снижение температуры в нерабочее время; тепловой активности ограждающих конструкций к тепловому воздействию; интенсивности теплоотдачи от источника системы отопления к внутреннему воздуху помещений и от воздуха к поверхности ограждений; температурного напора в дежурном и рабочем режиме, а также перепада температур наружного воздуха. Нагрев помещений должен осуществляться форсированно с высоким темпом, с большей мощностью, в отличие от отопления в рабочем режиме, так как теплота в режиме нагрева расходуется на восполнение тепловых потерь и разогрев ограждений и воздуха до требуемого уровня.

Наиболее гибким режимом эксплуатации служит комбинированная система отопления. Она состоит из базовой системы водяного отопления и дополнительной системы воздушного отопления. Воздушное отопление совмещается с приточной вентиляцией и в режиме форсированного нагрева работает в режиме полной рециркуляции воздуха.

Работа систем периодического отопления поддается автоматизации и программному управлению поддержания расчетного режима. На случай неожиданного резкого понижения температуры наружного воздуха в контрольных помещениях устанавливают датчики допустимой минимальной температуры внутреннего воздуха. По сигналу от них включается система отопления в дополнительном режиме. Экономия энергии тем больше, чем продолжительнее период охлаждения. Для уменьшения продолжительности форсированного нагрева следует увеличить теплоустойчивость ограждений, максимально интенсифицировать теплоотдачу к ограждениям, применяя, например, направленные струи воздушного отопления.

Расчеты:

Параметры	Обозначение	Формула	Ед. измерения	Значение
Фактическое потребление тепловой энергии на отопление	$Q_{норм.}$		Гкал/год	
Продолжительность снижения отпуска тепла в ночное время	a	-	ч/сут	
Продолжительность снижения отпуска тепла в нерабочие дни	b	-	сут/нед	
Снижение температуры воздуха в помещениях в нерабочее время	$\Delta t^{нр}_{в}$	-	°С	

Усреднённая расчётная температура воздуха в помещениях	$\Delta t^{p}_{в}$	Определяется по ГОСТ 30494-96	°С	
Средняя температура наружного воздуха за отопительный сезон	$t^{ср}_{н}$	Определяется по данным метеорологических сводок за отопительный период	°С	
Усреднённое за отопительный сезон превышение температуры воздуха в помещениях сверх комфортной из-за теплопоступлений от солнечной радиации и бытовых тепловыделений	$\Delta t^{и}_{в}$	-	°С	
Экономия теплоэнергии от снижения ее отпуска в ночное время	$\Delta Q_{н}$	$\Delta Q_{н}=((a\cdot\Delta t^{нр}_{в})/(24\cdot(t^{p}_{в}-t^{ср}_{н}))*100$	%	
Экономия теплоэнергии от снижения ее отпуска в выходные дни	$\Delta Q_{с}$	$\Delta Q_{н}=((b\cdot\Delta t^{нр}_{в})/(24\cdot(t^{p}_{в}-t^{ср}_{н}))*100$	%	
Экономия теплоэнергии за счет учета теплопоступлений от солнечной радиации и бытовых тепловыделений	$\Delta Q_{и}$	$\Delta Q_{н}=(\Delta t^{и}_{в})/(24\cdot(t^{p}_{в}-t^{ср}_{н}))*100$	%	
Экономия тепловой энергии за счёт установки АУУ	ΔQ	$\Delta Q=\Delta Q_{н}+\Delta Q_{с}+\Delta Q_{и}$	%	
Годовая экономия тепловой энергии за счёт внедрения ААУ	$\Delta Q_{АУУ}$	$\Delta Q_{АУУ}=Q_{норм.}\cdot\Delta Q$	Гкал/год	
Тариф на отопление на 2014 год	$р_{отоп.}$	-	руб./Гкал	
Годовая экономия тепловой энергии за счёт внедрения ААУ	$\Delta Q_{АУУ}$	-	тыс. руб./год	
Капитальные затраты на установку АУУ	$С_{общ.}$	$С_{общ.}=С_{АУУ}+С_{мон.}$	тыс. руб.	
Срок окупаемости	$Т_{ок}$	$Т_{ок}=С_{общ.}/\Delta Q_{АУУ}$	год	

Продолжительность снижения отпуска тепла в ночное время, ч/сут и продолжительность снижения отпуска тепла в нерабочие дни, сут/нед. определяется по режиму работы организации.

Снижение температуры воздуха в помещениях в нерабочее время, °С, определяется как разность между температурой воздуха во время работы учреждения, определяемой согласно ГОСТ 30494-96, и температурой, до которой производится снижение в ночное время (рекомендуемое не ниже 14 °С)

Усреднённое за отопительный сезон превышение температуры воздуха в помещениях сверх комфортной из-за теплопоступлений от солнечной радиации и бытовых тепловыделений принимается 1 °С по экспертным оценкам.
Капитальные затраты на установку АУУ принимаются согласно офертам или ТКП фирм-поставщиков услуги.

4. Утепление фасада корпуса

Фактическое значение сопротивление теплопередачи ограждающих конструкций согласно расчетам составляет (Указать по данным из энергобаланса) $м^2С/Вт$ при нормативном (Указать по данным из энергобаланса) $м^2С/Вт$. Требуемое значение может быть достигнуто например в двух- или трехслойной ограждающей конструкции, в которой внутренняя несущая часть выполняется из конструкционного материала, а наружные слои из эффективного утеплителя. Кроме того, такая схема позволяет перейти к максимально облегченным ограждающим конструкциям, в которых толщина несущей части определяется только прочностными характеристиками конструкционного материала.

Проблему утепления стен существующих зданий технически можно решать путем их утепления либо с наружной, либо с внутренней стороны. На основе накопленного в этой области опыта можно сказать, что наиболее эффективно устройство дополнительной теплоизоляции снаружи здания, которое выполняет следующие функции:

- защищает стену от переменного замерзания и оттаивания и других атмосферных воздействий;
- выравнивает температурные колебания основного массива стены, благодаря чему исключается появление в нем трещин вследствие неравномерных температурных деформаций, что особенно актуально для наружных стен из крупных панелей;
- благоприятствует увеличению долговечности несущей части наружной стены;
- сдвигает точку росы во внешний теплоизоляционный слой, благодаря чему исключается появление сырости на внутренней части стены;
- создает благоприятный режим работы стены по условиям ее паропроницаемости;
- формирует более благоприятный микроклимат помещения;
- позволяет в ряде случаев улучшить оформление фасадов реконструируемых или ремонтируемых зданий;
- не уменьшает площадь помещений;
- обеспечивает возможность утепления зданий без создания дискомфортных условий для пребывания.

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.

Для утепления наружных стен существующих зданий применяется конструкция навесного вентилируемого фасада со слоем утеплителя (рисунок 2). В конструкции вентилируемого фасада допускается использование только негорючего утеплителя (плит из стекловолокна или базальтового волокна).

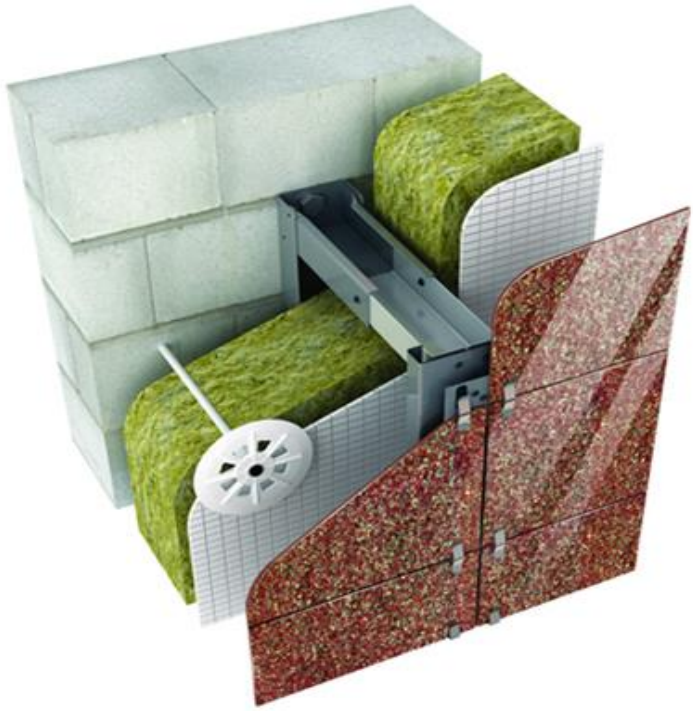


Рисунок 2. Поперечный разрез многослойного ограждения с навесным вентилируемым фасадом

Особая конструкция фасада, которая состоит из облицовочного материала, фиксирующегося при помощи креплений на металлическом каркасе. Вентилируемые фасады подразумевают зазор между стеной и облицовочным материалом, что и позволяет воздуху циркулировать внутри и способствовать естественной вентиляции, благодаря чему вентилируемые фасады позволяют избавиться от конденсата и влаги. В отличие от всех остальных типов фасадов, а в особенности по сравнению со штукатурными фасадами, навесные вентилируемые фасады обладают массой преимуществ.

Утеплитель для вентилируемых фасадов по своей сути является многослойным теплоизоляционным материалом. Он состоит из мягкого внутреннего слоя, который плотно прилегает к стене, тем самым препятствуя её отсыреванию и промерзанию, защищая от лишней влаги и конденсата, и Наружного слоя. Наружный слой утеплителя гораздо более плотный и устойчивый, поскольку его основное предназначение – сохранить и усилить функции внутреннего утеплителя, а также сберечь его и обеспечить более длительный срок службы.

Расчеты:

Параметры	Обозначение	Формула	Ед. измерения	Значение
Фактическое термическое сопротивление теплопередаче стен	$R_{факт\ ок.}$	-	$м^2°С/Вт$	
Нормативное термическое сопротивление теплопередаче стен	$R_{норм\ ок.}$	-	$м^2°С/Вт$	
Площадь стен	S	-	$м^2$	
Фактические потери теплоты за отопительный период через стены	$Q_{факт\ ок.}$	$(((t_{н.вн.}-t_{ср.})\cdot S)/R_{факт\ ок.})\cdot n\cdot 24)/24$	кВт*ч/год	
Нормативные потери через стены	$Q_{норм.\ ок.}$	$(((t_{н.вн.}-t_{ср.})\cdot S)/R_{норм.}$	кВт*ч/год	

		$_{ок.})\cdot n\cdot 24)/24$		
Годовая экономия за счет увеличения термического сопротивления стен	ΔQ	$\Delta Q_{ок}=Q_{факт\ ок.}-Q_{норм.\ ок.}$	кВт*ч/год	
Годовая экономия за счет увеличения термического сопротивления стен	ΔQ	$\Delta Q_{ок}=Q_{факт\ ок.}-Q_{норм.\ ок.}$	Гкал/год	
Тариф на отопление на 2014 год	$p_{отоп.}$	-	руб./Гкал	
Годовая экономия тепловой энергии за счет установки вентилируемого фасада	ΔQ	-	тыс. руб./год	
Общая стоимость работ	$C_{общ}$	$C_{общ}=C\cdot S$	тыс. руб.	
Срок окупаемости	$T_{ок}$	$T_{ок}=C_{общ}/\Delta Q$	год	
Нормативное и фактическое термическое сопротивление теплопередаче стен можно получить на основании данных из Энергобаланса.				
Площадь стен можно получить на основании технического паспорта здания или методом натурного обмера и расчета.				
Общая стоимость работ может быть оценена на основании сметного расчета, проведенного специалистами организации или по данным коммерческого предложения специализированной организации.				

5. Установка теплоотражающих экранов за отопительными приборами

Основание: Мероприятие предназначено для сокращения бесполезных потерь тепла отопительными приборами, установленными у наружных ограждений.

При отсутствии теплоотражающего экрана (например, из металлизированной фольги) возможный перерасход тепловой энергии может составлять порядка 5÷7 % от всей теплоотдачи прибора (стена за радиатором может нагреваться до 50 °С).

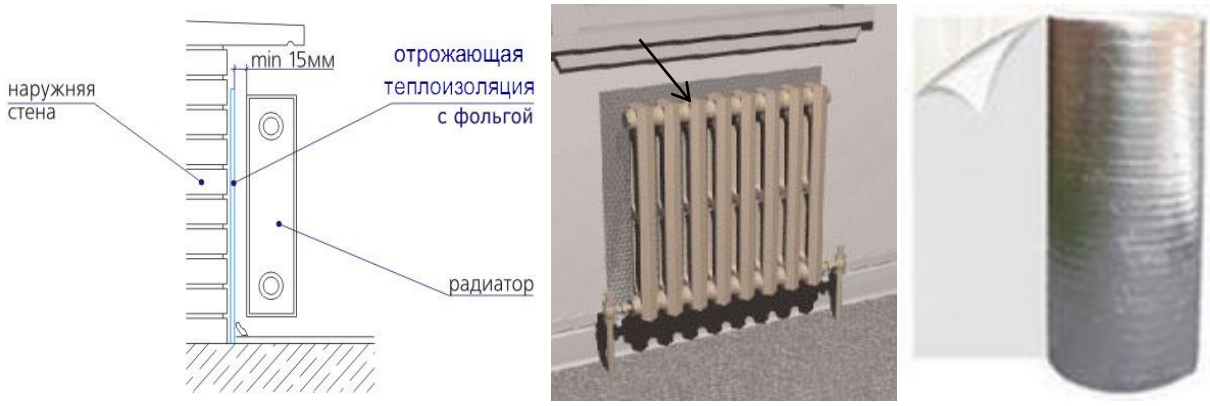
Теплоотражающий экран за радиатором отопления полностью изолирует стены от нагрева, тем самым, понижая потери тепла (см. рисунок 3). Как показывают проведённые оценки, установив теплоотражающий экран за радиатор отопления, можно повысить температуру внутри помещения, как минимум, на 1÷2 °С.

Технические характеристики: (при толщине 5 мм)

Фольгопласт СПМП - металлизированный самоклеящийся

Наименование показателя	**Единицы измерения**	**Значение**
Температура применения	°С	-60 °С до +100 °С
Коэффициент теплового отражения, не менее	%	95
Коэффициент теплопроводности, при 20° С, не более	Вт/м °С	0,038 - 0,051
Коэффициент теплоусвоения при периоде 24 часа, S	Вт/(м^2 °С)	0,48
Удельная теплоемкость	кДж/кг·°С	1,95
Термическое сопротивление, на 1 мм толщины, м^2	°С/Вт	0,031

Наименование показателя	Единицы измерения	Значение
Паропроницаемость	мг/(м ч Па)	0
Динамический модуль упругости (под нагрузкой 2-5 кПа)	МПа	0,26-0,6
Звукопоглощение, не менее	дБ	32
Дымообразующая способность	Д3	
Группа горючести	Г2	



а) б)

Рис. 3. Схема установки отражающего экрана за отопительный прибор (а) и внешний вид отражающего экрана (б).

Расчёты:

Энергосбережение достигается за счёт сокращения потребности в теплоте для отопления помещений и оценивается при установке чугунных секционных радиаторов и конвекторов с кожухом в 2 %, конвекторов без кожуха в 3 %, стальных панельных радиаторов - в 4 % от теплоотдачи прибора.

Параметры	Обозначение	Формула	Ед. измерения	Значение
Фактическое потребление тепловой энергии на отопление за 2013 год	$Q_{факт.}$	-	Гкал/год	
Процент экономии тепловой энергии при установке теплоотражающих экранов	v	-	%	
Потенциал экономии тепловой энергии при установке теплоотражающих экранов	$Q_{эк.}$	$Q_{эк.}=Q_{факт.}\cdot v$	Гкал/год	
Тариф на отопление на 2014 год	$p_{отоп.}$	-	руб./Гкал	
Годовая экономия финансовых средств при установке теплоотражающих экранов	$C_{отоп.}$	$C_{отоп.}=Q_{эк.}\cdot p_{отоп.}$	тыс. руб./год	
Цена отражающей	C	-	руб./м	

самоклеющейся теплоизоляции Фольгопласт СПМП 5				
Площадь поверхности за радиаторами	S	-	кв.м.	
Стоимость материала	$К_{мат.}$	$К_{мат.}=S*С$	тыс. руб.	
Стоимость монтажа теплоотражающих экранов	$К_{монт.}$	$К_{монт.}=К_{мат}*0,3$	тыс. руб.	
Капитальные затраты на установку теплоотражающих экранов	К	$К=К_{мат.}+К_{монт.}$	тыс. руб.	
Срок окупаемости	$Т_{ок}$	$Т_{ок}=К/С_{отоп.}$	год	
Цена отражающей самоклеющейся теплоизоляции Фольгопласт СПМП 5 или ее аналога определяется согласно офертам или коммерческим предложениям фирм – поставщиков.				

Однако, при установке вентилируемого фасада экономия от установки пленок за радиаторами отопления практически нивелируется значительным увеличением термического сопротивления стены за отопительным прибором. Вследствие этого, в случае планируемой в ближайшей перспективе установки вентилируемого фасада необходимость в данном мероприятии отпадает. Если же установка вентилируемого фасада не планируется в короткие сроки, данное мероприятие будет способствовать снижению тепловых потерь.

6. Замена радиаторов на современные биметаллические с терморегуляторами

Наличие возможности регулировать температуру в помещении — важный фактор комфорта и уюта. Пышущие жаром батареи вовсе не так комфортны, как могло бы показаться. Ведь, кроме того, что они создают духоту в помещении и пересушивают воздух, они могут стать причиной ожога.

Воздух в помещении постоянно нагревается от отопительных приборов, но также постоянно и охлаждается, соприкасаясь со стенами, окнами и вылетая в открывающиеся двери. Поскольку температура теплоносителя в радиаторах примерно постоянная, а температура окружающей среды всё время меняется, то нагрев помещений осуществляется неравномерно — в какие-то дни будет жарче, а когда-то — будет холодно.

Данное мероприятие не имеет непосредственно рассчитываемого экономического и энергетического эффекта, его проведение необходимо для снижения нерациональных потер тепла, когда показатели температуры в помещении превышают зону комфорта для человека, а также для исключения дополнительного потребления электрической энергии для подогрева помещения, когда показатели температуры в нем ниже зоны комфорта. Замена отопительных приборов должна осуществляться за счет средств капитального ремонта.

7. Замена оконных блоков энергоэффективными стеклопакетами

Преимущества замены деревянных окон на окна ПВХ:

1. Теплосбережение.

Основной объем тепловых потерь происходит через стены и окна зданий. Из них потери через окна могут достигать до 35 % в зимний период.

Утепление стен достаточно затратное мероприятие, а замена окон - это достаточно простой и очень эффективный способ снизить нерациональные потери тепла в здании и оградить его от поступления холода.

Основным параметром, который характеризует теплоизоляционные свойства окон, является приведенное сопротивление теплопередаче. Для окон старой конструкции значения этого показателя, как правило, составляют 0,35 – 0,4 $м^2$*°С/Вт, в то время как по новым нормативным требованиям эти значения должны быть на 35-40 % больше.

2. Шумоизоляция.

3. Пылеизоляция.

4. Надежность и долговечность.

Современные оконные системы имеют более значительный срок службы, а именно до 40 лет. Деревянные же окна рассыхаются и деформируются значительно раньше.

5. Уход за окнами.

Уход за современными окнами в разы проще, чем за деревянными оконными конструкциями.

К тому же установленные на объекте окна часто имеют высокую степень морального и физического износа. Замена окон должна осуществляться за счет средств капитального ремонта.

Расчеты:

Параметры	Обозначение	Формула	Ед. измерения	Значение
Фактическое термическое сопротивление теплопередаче окон	$R_{факт\ ок.}$	-	$м^2$°С/Вт	
Нормативное термическое сопротивление теплопередаче окон	$R_{норм\ ок.}$	-	$м^2$°С/Вт	
Площадь остекления	S	-	$м^2$	
Фактические потери теплоты за отопительный период через окна	$Q_{факт\ ок.}$	$(((t_{н.вн.}-t_{ср.})\cdot S)/R_{факт\ ок.})\cdot n\cdot 24)/24$	кВт*ч/год	
Нормативные потери через окна	$Q_{норм.\ ок.}$	$(((t_{н.вн.}-t_{ср.})\cdot S)/R_{норм.\ ок.})\cdot n\cdot 24)/24$	кВт*ч/год	
Годовая экономия за счет увеличения термического сопротивления окон	ΔQ	$\Delta Q_{ок}=Q_{факт\ ок.}-Q_{норм.\ ок.}$	кВт*ч/год	
Годовая экономия за счет увеличения термического сопротивления окон	ΔQ	$\Delta Q_{ок}=Q_{факт\ ок.}-Q_{норм.\ ок.}$	Гкал/год	
Тариф на отопление на 2014 год	$p_{отоп.}$	-	руб./Гкал	
Годовая экономия тепловой энергии за установки окон ПВХ	ΔQ	-	тыс. руб./год	
Общая стоимость остекления	$C_{общ}$	-	тыс. руб.	
Срок окупаемости	$T_{ок}$	$T_{ок}=C_{общ}/\Delta Q$	год	
Нормативное и фактическое термическое сопротивление теплопередаче окон можно получить на основании данных из Энергобаланса.				
Площадь остекления можно получить на основании технического паспорта здания или методом натурного обмера и расчета.				
Общая стоимость работ может быть оценена на основании сметного расчета, проведенного				

специалистами организации или по данным коммерческого предложения специализированной организации.

Не допускается установка герметичных окон ПВХ без обеспечения возможности притока свежего воздуха в помещение с помощью систем приточной вентиляции либо обеспечения микропроветривания, зимнего проветривания или установки климатических клапанов на окна.

8. Установка климатических клапанов на окна ПВХ

Основание: Мероприятие предназначено для сокращения бесполезных потерь тепла при проветривании помещений с установленными окнами ПВХ путем открывания окон.

При установке окон ПВХ стоит учесть возможность ухудшения нормального уровня воздухообмена, заложенного по проекту. Это может привести к:

- увеличению влажности в помещении;
- ухудшению качества воздуха;
- возрастанию вероятности появления грибковых поражений конструкций.

Проветривание помещений путем открывания окон сводит к минимуму все преимущества герметичных окон ПВХ, приводит к увеличению шумов в помещениях, к увеличению потерь тепла. Поэтому при установке окон ПВХ необходимо также установить климатические клапаны Air-Box.

Работая автоматически и непрерывно, климатический клапан Air-Box обеспечивает воздухообмен при закрытом окне. Воздухопроницаемость через климатический клапан Air-Box небольшая, что в соответствии со СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» составляет не более 5,0 $м^3$/час. Тем не менее, он позволяет полностью обновить воздух в помещении за 6-8 часов, при этом исключаются потери тепла.

Принцип работы климатического клапана Air-Box основан на общеизвестных физических принципах. Свежий воздух с улицы попадает в канал между рамой и створкой в местах замены фрагментов типовых уплотнителей на специальные (А на рисунке 4).

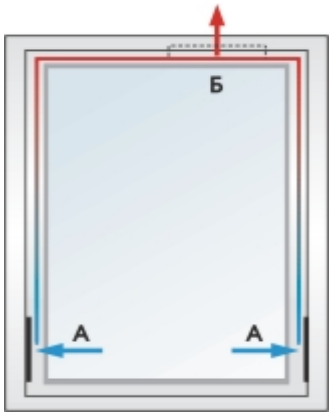


Рисунок 4 – Места установки системы клапанов

По мере прохождения вверх по каналу, воздух подогревается за счет теплообмена с окном, что не приводит к обледенению устройства в холодное время года.

Затем через систему клапанов, установленную в верхней части рамы (Б на рисунке 4), примыкающей к створке окна, воздух попадает в помещение (рисунок 4).

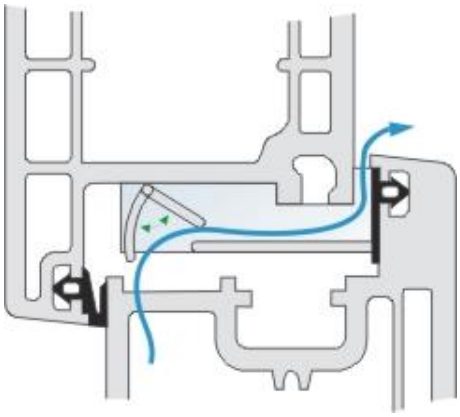


Рисунок 5 – Внешний вид подвижных воздушных заслонок

Регулирование прохождения потока воздуха через систему осуществляется с помощью подвижных воздушных заслонок (см. рисунок 5). По мере усиления ветра, заслонки прикрываются, сокращая поступление воздуха в помещение, либо закрываются полностью, прекращая поступление воздуха, тем самым, исключая возможность возникновения сквозняков (рис.6).

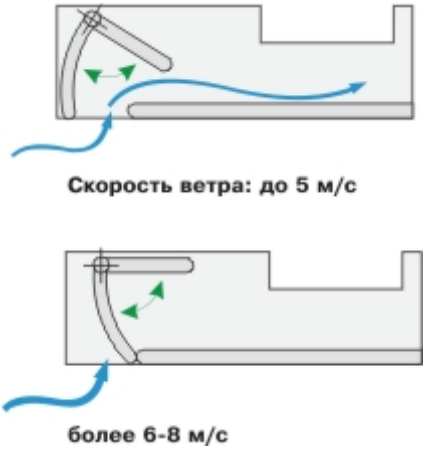


Рисунок 6 – Работа подвижных воздушных заслонок

За счет разной калибровки срабатывание каждой из заслонок происходит при определенном воздушном потоке, обеспечивая плавное регулирование притока воздуха.

Климатический клапан Air-Box с лёгкостью монтируется в уже установленные окна и не требует сервисного обслуживания.

Технические характеристики климатического клапана Air-Box:

- воздухопроницаемость в открытом состоянии - 4,8 куб.м./час (при статическом давлении 10 Па).
- запирание 1-й воздушной заслонки при силе ветра 6 м/с (23 Па).
- запирание 2-й воздушной заслонки при силе ветра 8 м/с (30 Па).

Климатический клапан Air-Box рекомендован ГОСТ 30674-99.

Ориентировочная стоимость одного клапана с учетом монтажа на окно ПВХ – 1000 рублей.

Работа климатических клапанов имеет следующие положительные стороны:

1. Автоматическое и непрерывное обеспечение воздухообмена при закрытом окне;
2. Воздухопроницаемость через климатический клапан соответствует СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий»;

3. Позволяет полностью обновить воздух в помещении за 6 – 8 часов;
4. Исключаются потери тепла при проветривании;
5. Не требуют сервисного обслуживания.

Расчёты:

Энергосбережение достигается за счёт сокращения потребности в теплоте для отопления помещений. При установке климатических клапанов экономия тепловой энергии ориентировочно составит 2 – 3% от потребления.

Параметры	Обозначение	Формула	Ед. измерения	Значение
Фактическое потребление тепловой энергии на отопление за 2012 год	$Q_{факт.}$	-	Гкал/год	
Процент экономии тепловой энергии при установке климатических клапанов	v	-	%	
Потенциал экономии тепловой энергии при установке климатических клапанов	$Q_{эк.}$	$Q_{эк.}=Q_{факт.}\cdot v$	Гкал/год	
Тариф на отопление на 2014 год	$p_{отоп.}$	-	руб./Гкал	
Годовая экономия финансовых средств при установке климатических клапанов	$C_{отоп.}$	$C_{отоп.}=Q_{эк.}\cdot p_{отоп.}$	тыс. руб./год	
Цена одного климатического клапана	C	-	руб./шт	
Необходимое количество климатических клапанов Air-Box	N	-	шт	
Стоимость климатических клапанов	$К_{кл.}$	$К_{кл.}=N*C$	тыс. руб.	
Стоимость установки климатических клапанов	$К_{монт.}$	$К_{монт.}=N*С_{раб}$	тыс. руб.	
Стоимость мероприятия по установке климатических клапанов с учетом транспортных расходов	$К_{мер.}$	$К_{мер.}=К_{монт}+К_{кл.}+К_{тр.}$	тыс. руб.	
Срок окупаемости	$Т_{ок}$	$Т_{ок}=К/С_{отоп.}$	год	
Цена одного климатического клапана определяется на основании анализа оферт и коммерческих предложений поставщиков.				
Необходимое количество климатических клапанов Air-Box равно количеству окон.				
Также общая стоимость работ может быть оценена на основании сметного расчета, проведенного специалистами организации или по данным коммерческого предложения специализированной организации.				

9. Установка на окнах зданий энергосберегающих пленок (типа Nanofilm)

Цель мероприятия:

Снижение потерь тепла через оконные проемы здания путем отражения вовнутрь конструкции инфракрасного излучения.

Основание:

Перед жителями России зачастую встает проблема теплосбережения в помещениях, так как большая часть страны находится в зоне прохладного континентального климата. По подсчетам специалистов, общие потери тепла могут достигать 60 %, причем 30 % тепла уходит через оконные стекла. Для того чтобы снизить до минимума теплопотерю в помещении, применяется специальная энергосберегающая пленка для окон. Энергосберегающая пленка, благодаря своей структуре, отражает лучи в летнее время, предохраняя помещение от чрезмерного перегрева, и сохраняет тепло зимой, отражая лучи вовнутрь (см. рисунки 7-8).

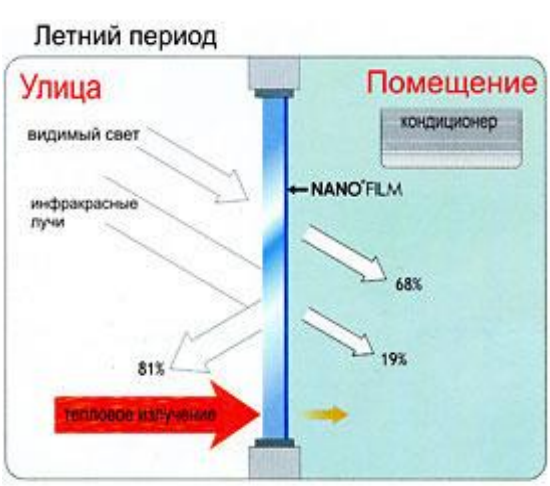


Рисунок 7

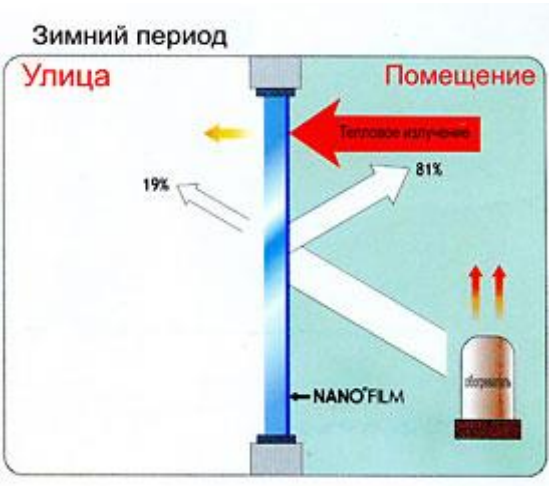


Рисунок 8

Также не секрет, что солнечный спектр далеко не однороден по составу. Он содержит ультрафиолетовое и инфракрасное излучения, а так же видимый свет. Каждый диапазон солнечной энергии по-своему влияет на человеческий организм, и не удивительно, что существует необходимость пропускать лишь некоторые виды излучения. Для этого создаются различные виды энергосберегающих пленок. Чтобы не допустить чрезмерного проникновения в помещение инфракрасных и ультрафиолетовых лучей, была создана теплоотражающая пленка для окон.

Принцип действия данной пленки заключается в том, что она отражает инфракрасные лучи, пропуская при этом видимый свет. Эта пленка имеет многослойную композитную структуру. На каждый слой пленки, толщина которых всего несколько микрон, наносится микроскопический слой керамики или металла. Данная операция выполняется с помощью высокотехнологичной методики спаттеринга. В качестве налагаемого элемента используются цветные и драгоценные металлы, наподобие золота или никеля.

В отличие от специальных энергосберегающих стекол “И” и “К” класса, энергосберегающая пленка отличается большей практичностью и удобством, а главное не оказывает негативное влияние на прозрачность стекла в любом диапазоне. Энергосберегающие пленки значительно более дешевы, чем стекла с аналогичными функциями.

Капитальные затраты и экономический эффект:

Расчет эффективности применения предлагаемого мероприятия проводился при следующих допущениях:

Потери тепла через окна путем конвекции и излучением соотносятся, как 80% и 20% соответственно.

Описание характеристик пленки соответствует действительности и отражается 80% ИФК-излучения.

Расчеты:

Площадь остекления	S	-	$м^2$	
Фактическое потребление тепловой энергии на отопление	$Q_{норм.}$		Гкал/год	
Тариф на отопление на 2014 год	$p_{отоп.}$	-	руб./Гкал	
Цена пленки (за рулон)	C	-	руб./$м^2$	
Экономия тепловой энергии за год от внедрения мероприятия	ΔQ	-	Гкал/год	
Экономия тепловой энергии за год от внедрения мероприятия	ΔQ	-	тыс. руб./год	
Необходимое количество рулонов	N	$N=S_{ост}/S_{рулона}$	Тыс. руб.	
Стоимость пленки	$C_{пл}$	$C_{пл}=C \cdot N$	Тыс. руб.	
Стоимость работ	$C_{пл}$	$C_{раб}=C_{раб} \cdot S$	Тыс. руб.	
Стоимость мероприятия по установке энергосберегающих пленок с учетом транспортных расходов	$C_{общ}$	$C_{общ}=C \cdot S$	Тыс. руб.	
Срок окупаемости	$T_{ок}$	$T_{ок}=C_{общ}/\Delta Q$	год	
Площадь остекления можно получить на основании технического паспорта здания или методом натурного обмера и расчета.				
Стоимость пленки определяется на основании анализа оферт и коммерческих предложений поставщиков.				
Общая стоимость работ может быть оценена на основании сметного расчета, проведенного специалистами организации или по данным коммерческого предложения специализированной организации.				

10. Применение автоматических дверных доводчиков на входных дверях

Доводчики наружных дверей предназначены (рис. 9) для автоматического их закрывания, что исключает неограниченную инфильтрацию воздуха через дверной проем.

Рисунок 9. 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 о материале, из которого она изготовлена.

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:

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

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} = 0,01·0,10 = 0,001;

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

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

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

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

11. 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. Его реализация может привести к повышению 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. 10) и скатные (рис. 11). Структура кровли обоих типов включает в себя несущие конструкции и кровельный пирог. В ходе утепления кровли, как правило, весь кровельный пирог подлежит замене.

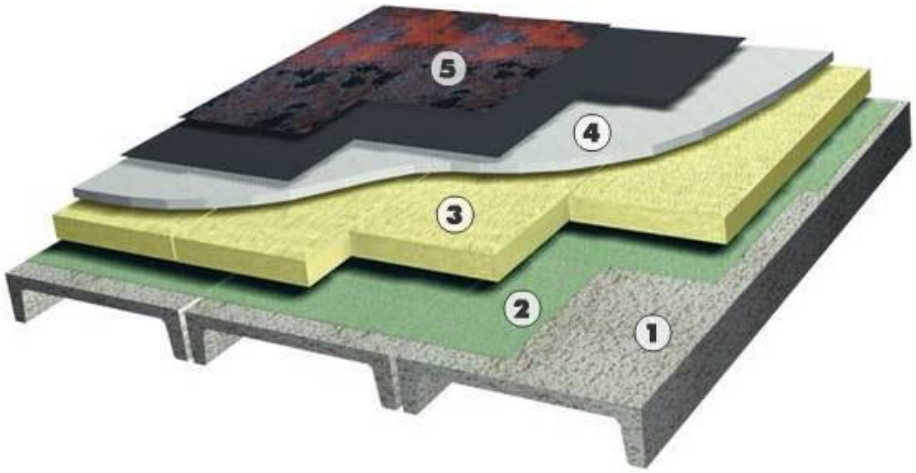


Рисунок 10. Структура плоской кровли: *1* – плиты покрытия; *2* – слой пароизоляции; *3* – слой утеплителя; *4* – железобетонная стяжка; *5* – слой гидроизоляции (рулонной или наплавляемой)

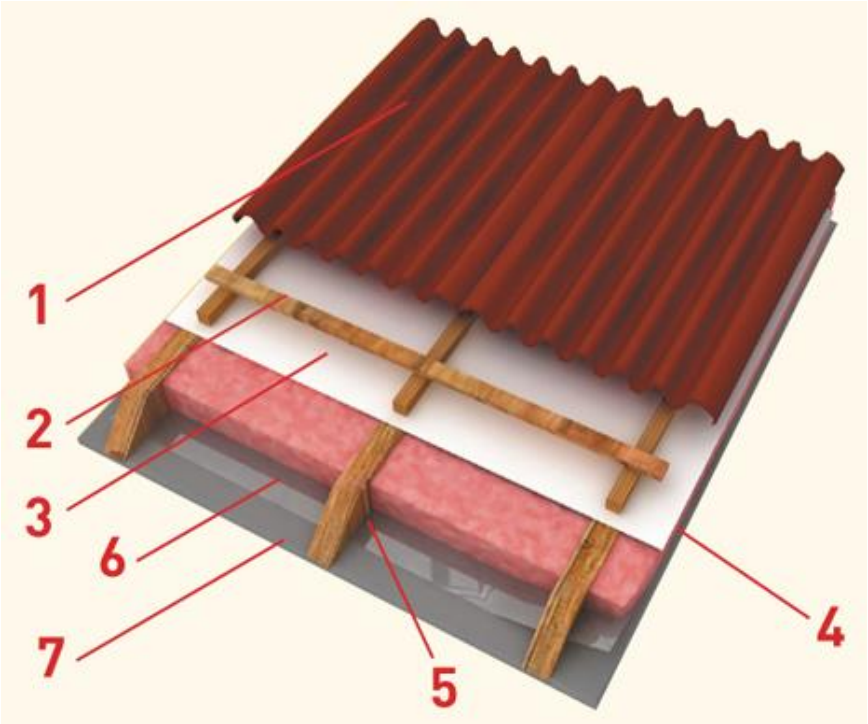


Рисунок 11. Структура скатной кровли: *1* – черепица или другой кровельный материал; *2* – шаговая (поперечная) обрешетка; *3* – ветро- и влагозащитная мембрана; *4* – слой утеплителя; *5* – стропила; *6* – слой пароизоляции; *7* – слой внутренней отделки

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.

Методика расчёта эффективности мероприятия

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

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

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

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

$F[м^2]$ – площадь кровли;

R $\left[\frac{м^2 \cdot °C}{Вт}\right]$ – 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;

δ [м] – толщина теплоизоляционного слоя;

λ $\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}\right]$ - коэффициент теплопроводности теплоизоляционного слоя;

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

Шаг 2. Средняя за отопительный период тепловая мощность, передаваемая через кровлю, определяется дважды – до 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 $\Delta Q[\text{кВт} \cdot \text{час}, \text{Гкал}]$ – 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.:

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

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

12. 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 теплопотерям через них. Помимо этого за счёт замены дверей значительно снижаются теплопотери за счёт нагрева инфильтрационного воздуха, которые являются следствием неплотностей. Эти потери могут составлять до 15% от общих теплопотерь 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. 12). Каждой двери присваивается класс сопротивления теплопередаче. Наиболее утепленным дверям присваивается I класс, менее утепленным – II и III классы.

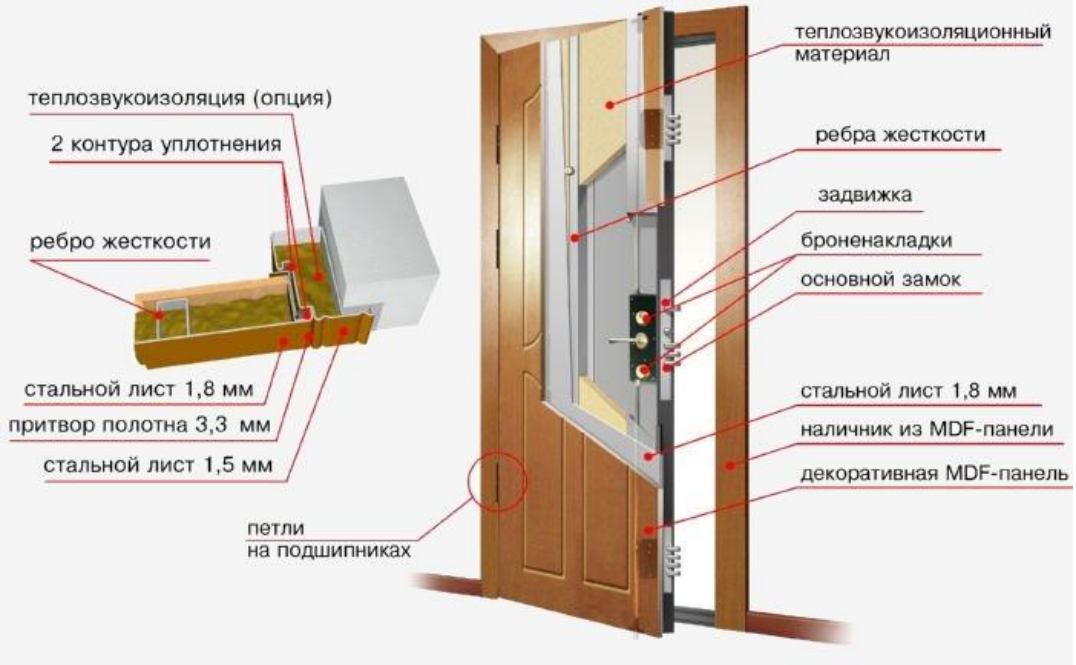


Рисунок 12. Наружная дверь с теплозвукоизоляцией

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:

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

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

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

$F[м^2]$ – площадь кровли;

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

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

где $\alpha_{внутр}\left[\frac{Вт}{м^2 \cdot °C}\right]$ - коэффициент теплоотдачи от внутреннего воздуха к двери,

δ $[м]$ – толщина теплоизоляционного слоя,

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

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

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.:

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

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

13. 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 °С, не должна быть выше 35°С, а если температура теплоносителя больше 100 °С – не более 45°С.

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 диметра 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.

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.13).

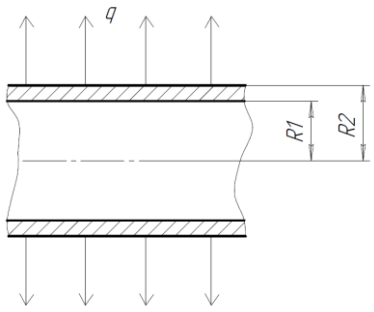


Рисунок 13. Тепловой поток через металлическую стенку трубы

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 $t_{\text{пов}}\,[°\text{C}]$ – температура окружающей среды;

$t_{внут}[°C]$ – температура теплоносителя;

L [м] – длина трубы;

d[м] - внутренний диаметр трубопровода;

δ[м] - толщина стенки трубопровода;

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

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

Коэффициент теплоотдачи с наружной поверхности трубы определяется следующим образом:

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

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

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

Коэффициент конвективной теплоотдачи определяется по формуле 4:

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

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

Коэффициент лучистой теплоотдачи определяется по формуле 5:

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

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

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

$t_{пов}[°C]$ – температура на поверхности трубы,

$t_{нар}[°C]$ – температура окружающей среды.

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

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

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

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

Шаг 3. Годовая экономия энергии определяется по следующей формуле:

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

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:

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

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

14. Проведение химической промывки системы теплоснабжения учреждения

Основание: Мероприятие предназначено для сокращения бесполезных потерь тепла отопительными приборами за счет образования нерастворимых отложений на отопительных приборах.

Эксплуатация оборудования без системы подготовки воды может привести к образованию нерастворимых отложений на внутренних поверхностях приборов системы отопления, что приводит к ухудшению процесса теплопередачи от теплоносителя к воздуху в помещении.

Проведение химической промывки системы теплоснабжения объекта повышает эффективность работы системы теплоснабжения в целом. Промывка осуществляется раствором специального реагента и позволяет удалить: карбонаты (накипь), сульфаты (мин. отложения), окислы железа (ржавчина).

Химический способ очистки является более эффективным, чем механический, при этом реагент не разрушает прокладки, уплотнители, детали узлов. Реагент превращает отложения в растворимые вещества, и они удаляются вместе с реагентом при промывке.

Примерный перечень работ при проведении химической промывки включает в себя:

- Слив теплоносителя из системы;
- Очистка грязевого фильтра;
- Подключение автоматического насоса, заполнение системы раствором реагента в требуемой пропорции, промывка прямым и реверсным потоком (от 2-х до 12-ти часов);
- Слив раствора реагента из системы, нейтрализация остатков раствора реагента;
- Очистка грязевого фильтра;
- Заполнение системы теплоносителем (с добавлением или без добавления ингибиторов коррозии);
- Проверка работы системы.

Расчёты:

Энергосбережение достигается за счёт сокращения потребности в теплоте для отопления помещений. При проведении химической промывки системы экономия от потребления тепла составит около 5%.

Параметры	Обозначение	Формула	Ед. измерения	Значение
Фактическое потребление тепловой энергии на отопление за 2012 год	$Q_{факт.}$	-	Гкал/год	
Процент экономии тепловой энергии при химической промывке системы отопления	v	-	%	
Потенциал экономии тепловой энергии при химической промывке	$Q_{эк.}$	$Q_{эк.}=Q_{факт.}\cdot v$	Гкал/год	

системы отопления				
Тариф на отопление на 2014 год	$р_{отоп.}$	-	руб./Гкал	
Годовая экономия финансовых средств при химической промывке системы отопления	$С_{отоп.}$	$С_{отоп.}=Q_{эк.}\cdot р_{отоп.}$	тыс. руб./год	
Затраты на химическую промывку системы отопления на 100 м2 площади здания	С	-	руб./100 м2	
Площадь здания	S	-	м2	
Стоимость работ по химической промывке системы отопления	$К_{монт.}$	-	тыс. руб.	
Стоимость химических реагентов	$К_{реаг.}$	-	тыс. руб.	
Стоимость мероприятия по химической промывке системы отопления	$К_{хим\ пр.}$	$К_{хим\ пр.}= К_{реаг.}+К_{монт.}$	тыс. руб.	
Срок окупаемости	$Т_{ок}$	$Т_{ок}=К/С_{отоп.}$	год	

Точная стоимость реагентов для проведения промывки системы будет определена специализированной организацией после определения объема работ.

15. 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 NO_x, примерно в 3-4 раза снижает выброс сажистых отложений, уменьшает выход CO 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. 14 представлены результаты сравнения

микроструктуры исходного и эмульгированного мазутов, полученные при помощи видеомикроскопа с увеличением х400, а на рис. 15 –общий вид эмульгатора.

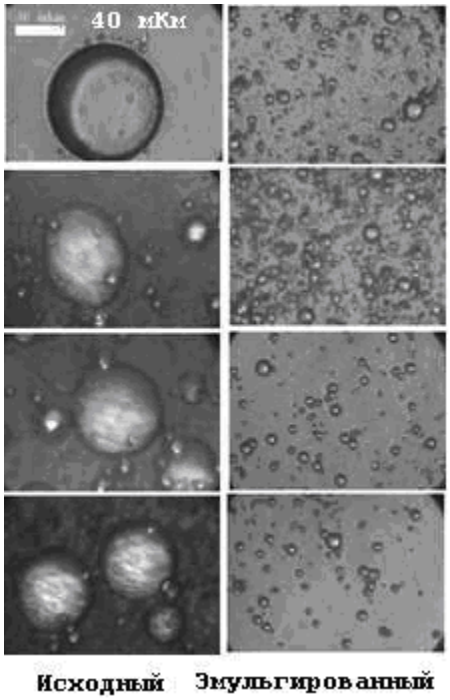


Рисунок 14. Структура мазута

Рисунок 15. Общий вид эмульгатора мазута

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.

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:

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

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.:

$$\Delta Э = \Delta B \cdot T \cdot 10^{-3}, \qquad (2)$$

где *Т* [руб./т]– стоимость топочного мазута.

16. Установка контактных теплообменников в объектах с приточно-вытяжной вентиляцией

В современных зданиях в отопительный период как минимум 25 – 50% тепла расходуется на нагрев приточного воздуха. Одним из наиболее эффективных способов снижения потребления энергоресурсов при эксплуатации систем вентиляции является внедрение технологии утилизации вторичных потоков — в частности, по системам вентиляции, утилизации тепла вытяжного воздуха. Удаляемый из помещений воздух — самый энергоемкий вторичный энергетический ресурс. Так, к примеру, из помещений общей площадью 100 м^2 с удаляемым воздухом (около 300 м^3/ч) удаляется в холодный период года 5040 Вт теплоты.

Теплообменные аппараты контактного типа позволяют часть теплоты удаляемого воздуха использовать для подогрева приточного. Принципиальные схема системы общеобменной вентиляции до и после установки контактного подогревателя приточного воздуха приведены на рисунках 16 и 17.

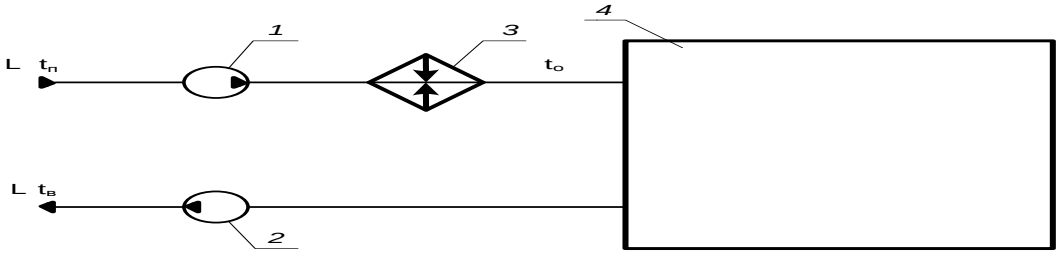


Рисунок 16. Принципиальная схема общеобменной вентиляции: 1 – вентилятор приточного воздуха; 2 – вентилятор удаляемого воздуха; 3 – электрический калорифер; 4 помещение

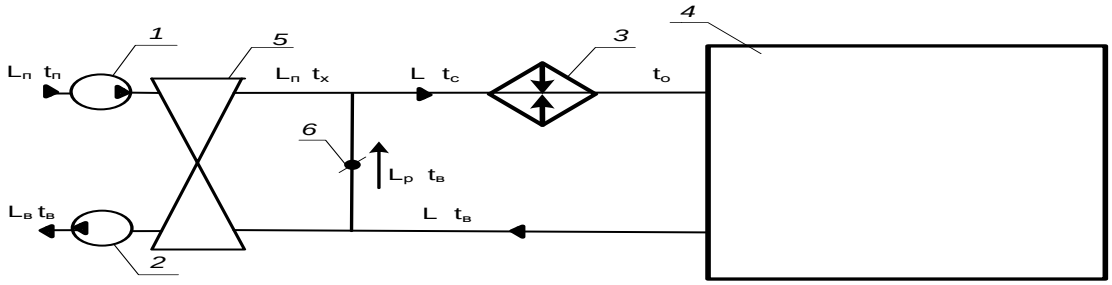


Рисунок 17. Принципиальная схема общеобменной вентиляции с рекуперацией теплоты удаляемого воздуха: 1 – вентилятор приточного воздуха; 2 – вентилятор удаляемого воздуха; 3 – электрический калорифер; 4 помещение; 5 – контактный теплообменный аппарат; 6 – заслонка

Область применения

Жилой фонд, административные и общественные здания с общеобменной вентиляцией.

Методика расчёта эффективности мероприятия

Шаг 1. Расход тепловой энергии на подогрев приточного воздуха в отопительный период рассчитывается по выражению, Вт:

$$Q_1 = L \cdot c \cdot (t_o - t_n), \quad (1)$$

где *L* [м^3/ч]– расход приточного и удаляемого воздуха;

с [Дж/(кг*^{0}С)] – удельная массовая теплоемкость воздуха, с = 4187 Дж/(кг*^{0}С);

t_n [^{0}C] – температура холодного воздуха; принимается равной средней температуре наружного воздух за отопительный период;

t_o [^{0}C] – температура воздуха, подаваемого в помещение; принимается для жилы, общественных и административных зданий на 2^{0}C ниже температуры воздуха в помещении [СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»].

В случае, если расход приточного воздуха не известен, его можно ориентировочно определить по выражению:

$$L = n \cdot V, \tag{2}$$

где n [ч$^{-1}$] – кратность воздухообмена помещения; принимается по нормативно-технической документации;

V [м] – объем помещения.

Шаг 2. Рециркуляция уходящего воздуха, применяемая совместно с рекуперацией позволит повысить энергетическую эффективность системы вентиляции (рис. 2). При этом количество свежего воздуха L_n, подаваемого в помещение должно удовлетворять санитарно-гигиеническим требованиям:

$$L_n = N \cdot \nu, \tag{3}$$

где N [чел.] – количество человек в помещении;

ν [м^3/ч] – нормативный объем воздуха, подаваемого на одного человека [СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»].

Количество рециркулируемого воздуха L_p, м^3/ч:

$$L_p = L - L_n, \tag{4}$$

Шаг 3. Расчетная температура воздуха t_c после рекуперации и подмешивания потока рециркулируемого воздуха, ^{0}C:

$$t_c = \frac{L_n t_x + L_p t_в}{L}, \tag{5}$$

где $t_в$ [^{0}C] – температура воздуха, удаляемого из помещения;

t_x [^{0}C] – температура воздуха после рекуператора:

$$t_x = t_n + (t_в - t_y)\eta, \tag{6}$$

где t_y [^{0}C] – температура воздуха, удаляемого в окружающую среду; практика внедрения мероприятия показывает необходимость ограничения температуры уходящего воздуха для предотвращения выпадения конденсата на стенках воздухопровода;

η – КПД рекуператора;

Шаг 4. Если температура воздуха t_c ниже требуемой температуры воздуха, подаваемого в помещение t_o необходимо задействовать электрокалорифер. Требуемый тепловой поток на «догрев» приточного воздуха, Вт:

$$Q_2 = L \cdot c \cdot (t_o - t_c). \tag{7}$$

Шаг 5. Экономия электроэнергии, затрачиваемой на нагрев приточного воздуха, кВт/ч:

$$\Delta W = (Q_1 - Q_2) \cdot z \cdot 10^{-3}, \tag{8}$$

где z [ч] – число часов работы системы вентиляции в отопительный период.

Шаг 6. Экономия в денежном выражении за отопительный период, руб.:

$$\Delta Э = \Delta W \cdot T_{ээ}, \qquad (9)$$

где $T_{ээ}$ [руб./кВт/ч] – число часов работы системы вентиляции в отопительный период.

17. Замена горелочных устройств

Существует возможность произвести замену горелок, установленных на котлах (рис. 18) в настоящее время, на более современные, использующие струйно-нишевую технологию сжигания топлива (рис. 19). Установка этих горелочных устройств позволит более качественно подготавливать топливную смесь (природный газ-воздух), а также позволит расширить диапазон регулирования котлоагрегатов.

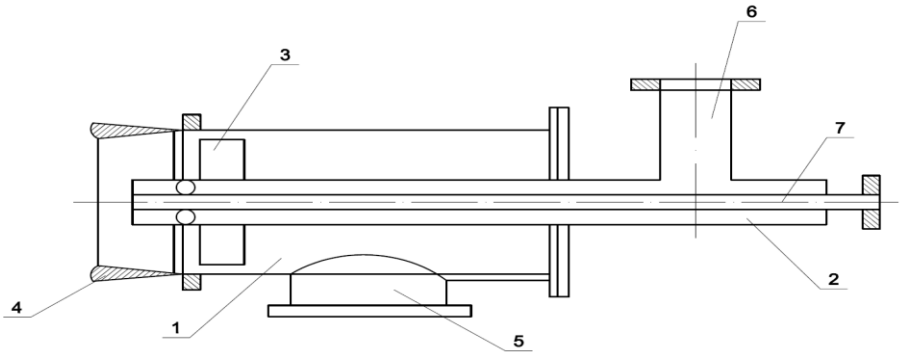


Рисунок 18. Конструкция газовых горелок: 1 – воздушная камера; 2 – газовая камера; 3 – завихритель; 4 – насадка горелки; 5 – воздушный патрубок; 6 – газовый патрубок; 7 – смотровая труба

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

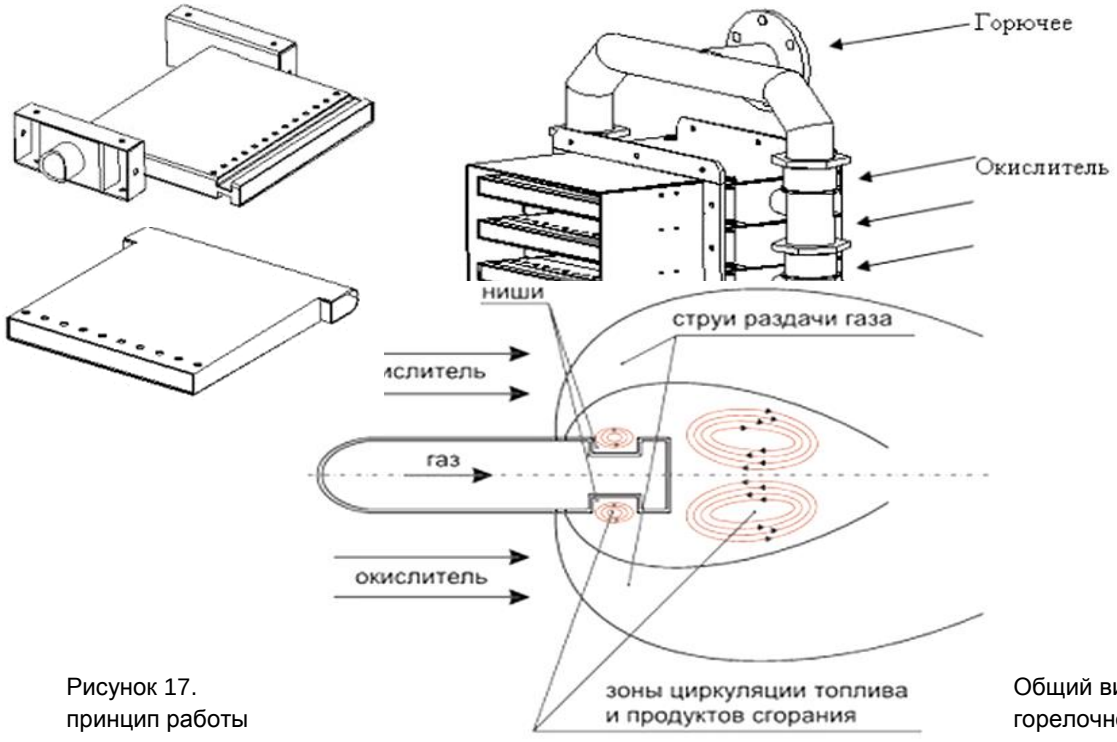


Рисунок 17. Общий вид и принцип работы горелочного устройства со струйно-нишевой

технологией сжигания топлива

Достоинствами данного мероприятия по информации 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 от 500 до 2500 мм.в.ст.).

5. Высокая равномерность распределения температурного поля в топке.

6. Снижение звукового давления (уровня шума) до 75 – 79 Дб.

18. Автоматизация процесса горения в топках

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. м^3:

$$\Delta B_{Г} = k_{Г} \cdot B, \quad (1)$$

где B [тыс.м^3] – годовое потребление топлива на выработку тепловой энергии;

$k_Г$ – 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.:

$$\Delta Э = (\Delta B_{Г} + \Delta B_{A}) \cdot T_{B}, \quad 3)$$

где T_B [руб./м^3] – стоимость природного газа.

ЭКОНОМИЯ ВОДЫ

19. Установка аэраторов с регуляторами расхода

Установка аэраторов является одним из наиболее эффективных способов экономии воды. Основной функцией аэратора (см. рисунки 20-21) является ограничение напора воды, поступающей через водопроводный кран. Поток воды, проходя через сетку аэратора, разбивается на мелкие струи, сила напора одновременно с этим увеличивается. При этом значительно сокращается расход воды при сохранении силы напора, а также снижается уровень шума в смесителе.

Рис. 20 Внешний вид аэратора.

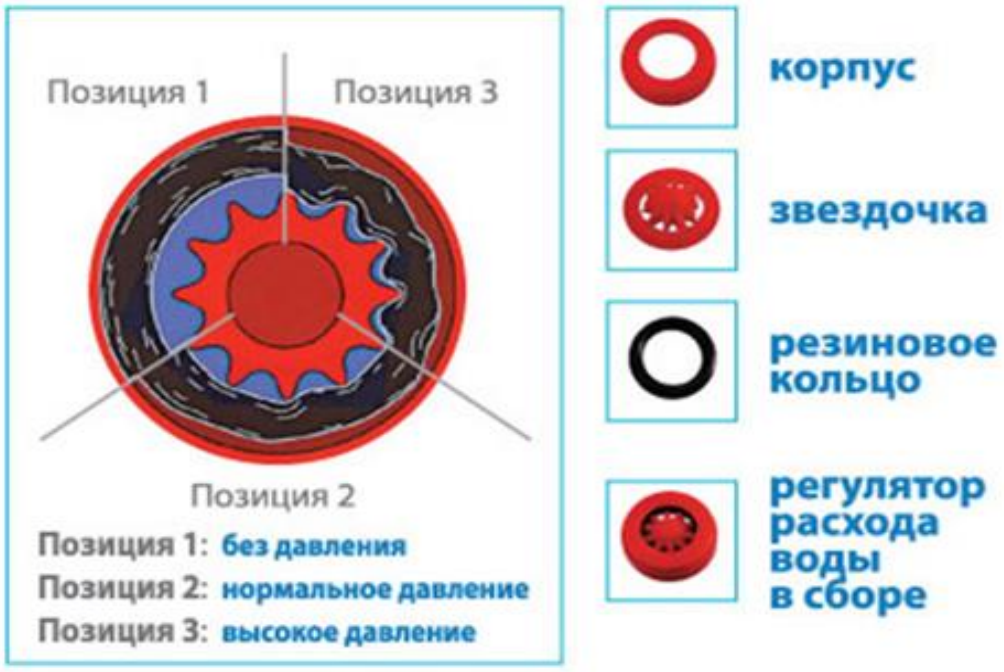


Рисунок 21 Устройство и принцип действия регулятора расхода воды

Вода протекает между звездочкой и свободно лежащим эластичным кольцом. При открытии водопроводного крана эластичное кольцо вдавливается в пропускные отверстия и по мере возрастания давления в системе ограничивает поток воды, тем самым обеспечивая постоянный расход жидкости. При закрытии водопроводного крана происходит обратный процесс. Эластичность кольца и размеры конструкции выполнены таким образом, что позволяют сохранять фиксированный расход воды для каждого устройства, независимо от давления в водопроводной сети. Скорость движения воды между звездочкой и эластичным кольцом увеличивается при уменьшении зазора, что приводит к визуальному и осязательному ощущению хорошего напора воды.

Расчеты:

Для холодной воды:

Фактическое потребление холодной воды составляет (Указать) тыс. $м^3$.

Фактическое потребление горячей воды составляет (Указать) тыс. $м^3$.

Годовая экономия холодной воды при установке аэраторов с регуляторами расхода составит:

$\Delta Эх.в = k \cdot Wх.в =$ тыс.$м^3$,

где:

$Wх.в$ – годовое потребление воды через один кран, тыс.$м^3$,

$k = 0,1$ – коэффициент экономии воды от применения мероприятия;

Экономия в денежном выражении за период срока окупаемости мероприятия составит:

$Э = \Delta Эх.в \cdot \tau_х =$ тыс. руб,

где: $\tau_х$ – тариф на оплату потребленной холодной воды за 2014 год, руб/$м^3$

Для горячей воды:

Годовая экономия холодной воды при установке аэраторов с регуляторами расхода составит:

$\Delta Эг.в = k \cdot Wг.в. =$ тыс.$м^3$,

где:

$Wг.в.$ – годовое потребление горячей воды через один кран, тыс.$м^3$,

k – коэффициент экономии воды от применения мероприятия;

Экономия в денежном выражении за период срока окупаемости мероприятия составит:

$Э = \Delta Эг.в \cdot \tau_г =$ тыс.руб,

где:

$\tau_г$ – тариф на оплату потребленной горячей воды за 2014 год, руб/$м^3$

Ориентировочные затраты на приобретение и установку аэраторов составят:

$З = N \cdot С1 =$ тыс.руб.

где:

N – количество кранов, шт,

$С1$ –средняя стоимость аэратора с учетом монтажа по данным поставщиков, руб.

Простой срок окупаемости установки аэраторов с регуляторами расхода составит $Со = З/Э =$ лет.

20. 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. 22) 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 здания, 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 22. 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, м^3:

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

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

V_n [м^3] – 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.:

$$Э = \Delta V_г \cdot T_{гор} + \Delta V_х \cdot T_{хол},$$ 3)

где ΔVг [м^3] – годовая экономия горячей воды;

$\Delta V_х$ [м^3] – годовая экономия холодной воды;

$T_{гор}$ [руб./ м^3] – тариф на горячую воду;

$T_{хол}$ [руб./ м^3] – тариф на холодную воду.

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

$C_\Sigma = N_{смес} \cdot C_1$, (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.

ЭКОНОМИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

21.Замена приборов учета электрической энергии с отрицательной погрешностью на электронные с классом точности не ниже 0,5 s

Под прибором учета электрической энергии принимается система измерений, включающая в себя первичные и вторичные приборы:

По уровню напряжения ВН, СН1 и СН2 первичными приборами являются ТТ и ТН, вторичным прибором является электросчетчик.

По уровню напряжения НН, в цепях с максимальными токами до и свыше 100 А первичными приборами являются ТТ, а вторичным прибором является электросчетчик. В цепях с максимальными токами до 100 А электросчетчик прямого включения может совмещать в себе функции первичного и вторичного приборов, в этом случае применение ТТ не требуется. В цепях с максимальными токами до 5 (7,5) А применение ТТ в качестве первичных приборов не требуется, вне зависимости от вида электросчетчика.

Класс точности (допустимая погрешность, выраженная в %) прибора учета электрической энергии (в соответствии с приказом Министерства энергетики РФ от 30 декабря 2006 г. №326) определяется по формуле:

$$\Delta_{ПУ} = \pm 1{,}1 \cdot \sqrt{\Delta_{СЧ}^2 + \Delta_{ТТ}^2 + \Delta_{ТН}^2 + \Delta_{Л}^2}$$

где ΔСЧ; ΔТТ; ΔТН – основные допустимые погрешности счетчиков, трансформаторов тока (ТТ) и трансформаторов напряжения (ТН) при нормальных условиях (принимаются по значению классов точности), %;

Класс точности для ТТ и ТН бывает – 0,2; 0,2S; 0,5; 0,5S; 1; 3; 5; 10

ΔЛ-предел допустимых потерь напряжения в линиях присоединения счетчиков к трансформатору напряжения (ТН), %.

Приборы учета, расположенные в ВРУ, имеют приведенными ниже характеристики, и класс точности каждого соответствует:

ΔСЧ= ± % (класс точности счетчика);

ΔТТ = ± % (класс точности ТТ).

ΔТН = ± % (класс точности ТН).

$$\Delta_{ПУ} = \pm 1{,}1 \cdot \sqrt{\Delta_{СЧ}^2 + \Delta_{ТТ}^2 + \Delta_{ТН}^2 + \Delta_{Л}^2}, \%$$

Предлагается замена на приборы учета с классом точности не ниже 0,5s.

Таким образом, экономия электрической энергии, в результате внедрения мероприятия составит:

$\Delta W_{осв} = W_{общ} \cdot (\Delta ПУ-0,5)$, тыс. кВт•ч; что в денежном выражении составит:

$\Delta C = \Delta W_{общ} \cdot T \cdot K_т$, где:

Т , руб./кВт•ч – тариф на электроэнергию установленный для учреждения в базовом году.,

$K_т$,=1,1 – поправочный коэффициент, прогнозирующий рост тарифа на электрическую энергию.

Общая стоимость мероприятия по замене электрических приборов учета на более точные составит:

Ст, тыс. руб.

Таким образом, средний срок окупаемости мероприятия составит:

$D = Ст/\Delta C$, лет

22.Замена светильников освещения на энергоэффективные светодиодные

По сравнению с традиционными источниками света СДС имеют более высокую светоотдачу - 100 лм/Вт, в то время как ЛЛ обеспечивают 60 лм/Вт.

Светодиодные осветительные устройства не только экономичны, но и долговечны в эксплуатации: срок службы ЛЛ – до 8 тыс. ч, ДРЛ – до 3 тыс. ч, а СДС – до 50 тыс. ч. Снижение интенсивности света (деградация) СДС происходит достаточно медленно, а срок службы светодиодов определяется временем спада первоначального светового потока на 50-60%.

При замене ЛЛ на СДС установленная мощность, а следовательно и расход электроэнергии, снизятся пропорционально светоотдаче – на 80%, при замене ДРЛ на СДС – на 60%, а при замене ЛН на СДС – на 88%.

Экономический эффект

Внедрение данного мероприятия согласно технической характеристике светодиодных светильников (ламп) позволит сократить в 5-6 раз потребление электрической энергии по сравнению с использованием светильников с люминесцентными лампами.

Wлл , тыс. кВт•ч, где Wлл - потребление электрической энергии системой освещения с использованием люминесцентных ламп.

Wсд , тыс. кВт•ч, где Wлл - потребление электрической энергии системой освещения с использованием светодиодных ламп.

Таким образом экономия электрической энергии, в результате внедрения мероприятия составит:

$\Delta W_{осв} = W_{лл} – W_{сд}$, тыс. кВт•ч; что в денежном выражении составит:

$\Delta C = \Delta W_{осв} \cdot T \cdot K_т$,, где:

Т, руб./кВт•ч – тариф на электроэнергию установленный для учреждения в базовом году.,

Кт,=1,1 – поправочный коэффициент, прогнозирующий рост тарифа на электрическую энергию.

Общая стоимость мероприятия по замене люминесцентных светильников на светодиодные составит:

Ст , тыс. руб.

Таким образом, средний срок окупаемости мероприятия составит:

D = Ст/ΔС , лет

23. Применение светочувствительных датчиков управления уличным освещением

Светочувствительные датчики используются для управления уличным освещением в автоматическом режиме без участия человека. Датчики на основе фотореле настраиваются на гражданские сумерки, с наступлением которых уличное освещение включается, после наступления рассвета – выключается, исключая так называемый человеческий фактор.

Подтверждённое экспериментально снижение расхода электроэнергии при использовании фотореле составляет не менее 5% от общего расхода на уличное освещение.

Таким образом экономия электрической энергии, в результате внедрения мероприятия составит:

ΔWосв = Wул • 0,05 , тыс. кВт•ч; что в денежном выражении составит:

ΔС = ΔWосв•Т•Кт,, где:

Т , руб./кВт•ч – тариф на электроэнергию установленный для учреждения в базовом году., Кт,=1,1 – поправочный коэффициент, прогнозирующий рост тарифа на электрическую энергию.

Общая стоимость мероприятия по установке светочувствительных датчиков составит:

Ст , тыс. руб.

Таким образом, средний срок окупаемости мероприятия составит:

D = Ст/ΔС , лет

24. Установка датчиков движения для управления освещением в коридорных помещениях

Датчики присутствия и движения используются в помещениях с временным нахождением людей, таких как коридорные, подвальные, в помещениях со сквозным проходом. При использовании автоматических средств управления осветительными приборами внутри помещений дежурное освещение остается в работе непрерывно.

Принцип комбинированного датчика движения состоит в том, что освещение включается, если в зоне обнаружения датчика находятся люди, и отключается, если в зоне обнаружения людей нет. При недостаточном уровне естественной освещённости система с датчиком движения предусматривает возможность самостоятельного включения светильников.

Подтверждённое экспериментально относительное снижение расхода электроэнергии при использовании датчиков движения для коридорных помещений составляет не менее 30%.

Суммарное количество светильников, установленных в коридорах, составляет **n** шт., установленная мощность ламп – Wуст, кВт при годовом расходе электроэнергии, равном Wобщ, кВтч. При снижении расхода электроэнергии на 30% и тарифе Т, руб./кВтч, экономия при внедрении датчиков движения составит ежегодно:

ΔС = Wобщ • 0,3 • Т / 1000 , тыс. руб.

Ориентировочная стоимость датчика движения прямоугольного радиуса действия составляет Сд, тыс. руб./шт. При количестве датчиков, равном n, шт. (один на этаж), затраты на реализацию мероприятия с учётом стоимости монтажно-наладочных работ (50% стоимости оборудования) составят:

Ст = Сд • n • 1,5 , тыс. руб.

Тогда простой срок окупаемости мероприятия равен

D = Ст / Δ С , лет.

25. Экономия электрической энергии в результате компенсации реактивной мощности

Проведенный анализ существующей нагрузки электроприемников в здании часто указывает на наличие в системе внутреннего электроснабжения значительного количества электроприемников, генерирующих реактивную мощность (*асинхронные двигатели станков и агрегатов, вентиляции, насосы, компьютерная техника, кондиционеры, люминесцентные лампы и т.д.*). Наличие реактивной составляющей в мощности характеризует низкий коэффициент мощности (cosφ). Для определения точного значения коэффициента мощности необходимо провести инструментальные измерения, но по опыту обследований, можно с большой долей вероятности предположить, что значение cosφ в учебных зданиях не выше 0,6.

Учитывая, что часто оборудование системы электроснабжения морально устарело и физически изношено, наличие реактивной мощности приводит к технологическим потерям в кабельных линиях. Компенсация реактивной мощности, позволит не только снизить потери в электросетях, но и существенно разгрузить изношенные кабельные линии, что продлит на срок службы кабельного хозяйства и благоприятно скажется на электробезопасность.

Одним из эффективных мероприятий по компенсации реактивной мощности является установка ЭРМ (электронного регулятора мощности).

В результате применения ЭРМ и доведения коэффициента мощности с показателя 0,6 до нормативного показателя 0,96 электрический ток в кабельной сети после ЭРМ снизится до 30 %. В соответствии с Методическими рекомендациями по снижению технологических потерь при передаче электрической энергии в электрических сетях формула величины потерь электрической энергии в кабельных линиях напряжением 0,4 кВ является линейной:

$$\Delta W = 1{,}35 \cdot K_{\text{ДП}} \cdot I \cdot \Delta U_{\text{СР}} \cdot \tau \cdot 10^{-3}$$

Следовательно, потери энергии в сетях так же снизятся до 30%.

Экономический эффект:

Внедрение данного мероприятия согласно экспертной оценке позволит сэкономить до 5 % от общего потребления электрической энергии здания:

Δ Wобщ = Wобщ • 0,05, где Wобщ - потребление электрической энергии зданиями за базовый год.

Таким образом экономия электрической энергии, в результате внедрения мероприятия составит:

Δ Wобщ = тыс. кВт•ч ,

что в денежном выражении составит:

$\Delta C = \Delta W$общ•Т•Кт,, где:

Т , руб./кВт•ч– средневзвешенный тариф на электроэнергию установленный для учреждения в базовом году,

Кт, – поправочный коэффициент, прогнозирующий рост тарифа на электрическую энергию.

ЭРМ должны быть установлены вблизи электропотребителей, потребляющих основной поток реактивной мощности – электродвигателей приточных вентиляторов и/или насосов ИТП, а так же в электрических распределительных щитах на каждом этаже.

Общая стоимость мероприятия по установке *(указать)* шт. ЭРМ, в том числе в каждом распределительном щите на этаже (n_1, шт.), в ИТП (n_2, шт.), в вентиляционных камерах (n_3, шт.) составит:

Ст = ($n_1 + n_2 + n_3$) • З , тыс. руб., где З – стоимость затрат на одно устройство ЭРМ, тыс.руб.

таким образом, простой срок окупаемости мероприятия составит:

D = Ст/ΔC , лет.

26. Установка частотного регулируемого привода для насосов систем ГВС

Экономия электроэнергии обеспечивается за счет снижения избыточных напоров на выходе насосных агрегатов и повышения КПД насоса.

Эффективность использования ЧРП для технологического оборудования обеспечивается повышением ресурса работы, уменьшением износа коммутационной аппаратуры, повышением надежности защиты от аварийных режимов.

В ИТП корпуса Н установлены *(Указать)* рабочих циркуляционных насоса *(Указать марку)* сетевой воды системы отопления и горячего водоснабжения.

Производительность каждого насоса составляет *(в соответствии с характеристиками в техническом паспорте)* $м^3$/час, напором *(указать)* м, и мощность электрического асинхронный двигателя тип *(указать)* - *(указать)* кВт. Требуемая мощность электродвигателя для привода насоса кВт, определяется по формуле:

$$N_н = G \cdot H/102 \cdot 3600 \cdot \eta_н ,$$

где G – расход теплоносителя, кг/ч;

Н- напор создаваемый насосом, м;

$\eta_н$ – КПД насосной установки.

Переведем расход G =h $м^3$/час в размерность кг/ч:

G = h • ρ , кг/ч,

где ρ–плотность воды при 50оС(кг/м3).

$N_н = G \cdot H/102 \cdot 3600 \cdot \eta_н$, кВт.

Разность мощности электродвигателя установленного и требуемой мощности на валу насоса составит:

$\Delta N = N - N_н$, кВт.

При работе одного насоса в течение отопительного периода экономия электрической энергии составит:

$$Э_н = \Delta N \cdot t , кВтч,$$

где t – время работы в течении отопительного периода (214 дней, *для г.Москвы*), час.

Экономия в денежном выражении за год составит:

$$\Delta C = Э_н \cdot S , тыс. руб.,$$

Стоимость ЧРП с пуско-наладочными работами Ст можно оценить в *(указать)* , где монтаж и ПНР (составляет до 50% от стоимости ЧРП)).

Установка ЧРП необходима в ИТП – *(указать требуемое количество)* шт.

Тогда простой срок окупаемости мероприятия равен:

$D = Ст / \Delta C$, лет.

27.Замена в общежитиях энергоемких электрических кухонных плит на индукционные

В кухонных помещениях установлены электрические плиты с четырьмя конфорками мощностью $P_{р.пл}$ *(указать)* кВт каждая. На этажах установлено по __n (*указать*) __ электрических плит.

В соответствии с СП31-110-2003 расчетная нагрузка питающих линий $P_{р.пл.}$, кВт, вводов от бытовых напольных электрических плит общежитий коридорного типа определяется по формуле

$P_{р.пл} = P_{пл} \bullet n_{пл} \bullet K_{с.пл.}$, (4)

где $P_{пл}$ - установленная мощность электроплиты, кВт;

$n_{пл}$ - число электроплит;

$K_{с.пл}$ - коэффициент спроса, определяемый в зависимости от числа присоединенных плит

Расчетная мощность электроплит составляет $P_{р.пл}$ *(указать)* кВт, что соответствует электропотреблению $W_{пл}$ *(указать)* кВт•ч в год. Средняя расчетная продолжительность работы электрических плит в год, составляет ~ 3560 ч в год, что соответствует в среднем 10 ч в сутки.

Предлагается произвести замену электроплит на индукционные электроплиты мощностью $P_{пл.инд}$, кВт и имеющей датчик фиксации посуды на конфорке, позволяющей осуществлять нагрев на 40% быстрее по сравнению с обычной электроплитой, т.е.позволяет экономить до 10% от обычного электропотребления. Средневзвешенный тариф за электроэнергию принимается Т, руб./кВтч.

Экономия в результате применения мероприятия составит

$\Delta C = (W_{пл} - W_{пл} \bullet 0,9) \bullet T$, тыс.руб.

Стоимость индукционной электроплиты составляет $Ст_{пл}$, тыс.руб., общие затраты составят $Ст = Ст_{пл} \bullet n$, тыс. руб.

Тогда простой срок окупаемости мероприятия равен

$D = Ст / \Delta C$, лет.

28. Установка в рабочих кабинетах электронных ключей-карт

В рабочих комнатах целесообразно использовать электронные ключи-карты, способствующие ограничению времени работы электроприёмников при отсутствии персонала. Одновременно ключ-карта может использоваться для ограничения доступа посторонних в помещения.

Для работы системы при входе в помещение устанавливается контроллер - специальное устройство в виде кармашка, в который посетитель должен поместить свой ключ-карту. При наличии в контроллере ключа-карты замыкается электрическая цепь, и освещение включается; в остальное время, когда посетителя нет в помещении, а ключ-карта вынута из контроллера – цепь разомкнута. Ожидаемая экономия при реализации такой системы составит 10%.

Суммарная установленная мощность осветительных приборов рабочих комнат составляет $W_к$ *(указать)* кВт, при этом годовой расход электроэнергии равен $W_{общ.к}$ *(указать)* кВтч, тогда при тарифе Т *(указать)* руб./кВтч экономия составит:

Таким образом, экономия электрической энергии, в результате внедрения мероприятия составит:

ΔWобщ = Wобщ.к • 0,01 , тыс. кВт•ч ,

что в денежном выражении составит:

ΔC = ΔWобщ•Т•Кт,, где:

Т, руб./кВт•ч– средневзвешенный тариф на электроэнергию установленный для учреждения в базовом году,

Кт, – поправочный коэффициент, прогнозирующий рост тарифа на электрическую энергию.

Удельная стоимость электронных ключей-карт составляет Ск *(указать)* тыс. руб. за 1 кВт коммутируемой мощности, тогда при установленной мощности осветительного оборудования, равной $W_к$ *(указать)* кВт, сумма затрат на реализацию мероприятия с учётом монтажно-наладочных работ (50% стоимости оборудования) составит:

Ст = Ск · $W_к$ · 1,5 , тыс. руб.

Тогда простой срок окупаемости мероприятия равен

D = Ст / ΔC , лет.

29.Снижение высоты подвеса светильников

В ходе проведения осмотра помещений 1 этажа установлено, что в помещение имеется возможность снизить высоту подвеса с H до h, м. Мероприятие по снижению высоты подвеса светильников позволит обеспечить требуемый уровень освещённости и при этом сократить установленную мощность осветительного оборудования (применить меньшее количество светильников).

Уровень освещённости имеет обратную квадратичную зависимость от высоты подвеса светильников и описывается в общем случае уравнением:

E = Ia× cos α / l2 ,

где E – уровень освещенности, лк;

Ia – сила светового потока лампы, кд;

l – высота подвеса светильника, м;

cos α – косинус угла падения луча света.

В частном случае, если освещаемая поверхность перпендикулярна световому потоку (α = 0, cos α = 1), уравнение примет вид:

E = Ia / l2.

При снижении высоты подвеса на a метров и неизменной силе света уровень освещенности вырастет в l2/(l-a)2 раз.

В свою очередь, количество светильников с заданным световым потоком Фл прямо пропорционально уровню освещённости:

$$N_{св} = \frac{E_{норм} \cdot S \cdot K_{зап} Z}{2 \Phi_л \cdot \eta},$$

где E норм – величина требуемой освещённости,

S – площадь помещения,

$K_{зап}$ – коэффициент запаса,

z –коэффициент минимальной освещённости,

η – коэффициент использования светового потока.

При снижении высоты подвеса на *a* метров и неизменной силе света установленную мощность светильников можно снизить на

ΔP = 1- (l-a)2/l2.

Таким образом, снижение высоты подвеса светильников с H до h , м дополнительно обеспечит сокращение установленной мощности на

ΔP , %.

Таким образом экономия электрической энергии, в результате внедрения мероприятия составит:

ΔWобщ = Wобщ ⋅ ΔP , тыс. кВт⋅ч ,

что в денежном выражении составит:

ΔC = ΔWобщ⋅Т⋅Кт, где:

Т , руб./кВт⋅ч– средневзвешенный тариф на электроэнергию установленный для учреждения в базовом году,

Кт, – поправочный коэффициент, прогнозирующий рост тарифа на электрическую энергию.

Монтажные работы по снижению высоты подвеса светильника составляют Ст, тыс.руб.

Тогда простой срок окупаемости мероприятия равен

D = Ст / ΔC , лет.

30. Установка автоматизированной информационно-измерительной системы коммерческого и технического учета электрической энергии (АИИС КТУЭ)

Автоматизированную информационно-измерительную систему учета электрической энергии по назначению можно разделить на системы расчетного (коммерческого) и контрольного (технического) учета.

Система коммерческого учета.

Внедрение системы коммерческого учета электроэнергии позволяет осуществить следующие энергосберегающие мероприятия:

1. переход на расчет по более выгодному тарифу;
2. увеличение точности учета и снижение риска штрафов;
3. анализ и оптимизация режима работы учреждения.

Оценим эффективность этих мероприятий.

При использовании АИИС КУЭ переход с 3 (третьей) ценовой категории на 6 (шестую) ценовую категорию обуславливает снижение платы за электроэнергию не менее 10%.

Недостатки: Строгое соблюдение поданного планового графика потребления электроэнергии и мощности, отклонение от которого грозит увеличенными штрафами.

Экономический эффект:

При годовом расходе электроэнергии, равном Wобщ, кВтч, внедрение данного мероприятия позволит снизить расход электроэнергии на 10%.

При тарифе Т, руб./кВтч, экономия от внедрения АИИС КУЭ составит ежегодно:

Δ C = Wобщ ⋅ 0,1 ⋅ Т⋅Кт / 1000 , тыс. руб.

Т , руб./кВт·ч– средневзвешенный тариф на электроэнергию установленный для учреждения в базовом году,

Кт, – поправочный коэффициент, прогнозирующий рост тарифа на электрическую энергию.

Ориентировочная стоимость системы АИИС КУЭ составляет Сд, тыс. руб./комп. Суммарное количество и наполняемость оборудования системы учета АИИС КУЭ, составляет **n** шт. Затраты на реализацию мероприятия с учётом стоимости монтажно-наладочных работ (50% стоимости оборудования) составят:

Ст = Сд • n • 1,5 , тыс. руб.

Тогда простой срок окупаемости мероприятия равен

D = Ст / ΔС , лет.

Система технического учета.

Внедрение системы технического учета электроэнергии позволяет осуществить следующие мероприятия:

достоверность учёта электро-энергии и мощности;

1. контроль количества и качества получаемой и потребляемой электроэнергии по подразделениям/корпусам;
2. анализ результатов и выработка решений проведению различных мероприятий по рациональному расходу электроэнергии и выравниванию потребляемых мощностей в определённые периоды времени;
3. оптимизация и управление нагрузкой потребителей за счет строгого планирования и внедрения норм потребления электроэнергии;
4. Возможность интеграции в единую систему диспетчеризации учреждения.

Экономический эффект:

Система технического учета не приносит прямой экономии, но создает дополнительные возможности по снижению издержек на электроэнергию за счет оптимизации режима работы учреждения.

Внедрение АИИС ТУЭ согласно экспертной оценке позволит снизить платежи электроэнергии до 3 % от общего потребления электрической энергии зданий в совокупности с дополнительными энергосберегающими мероприятиями (нормирование, управление и планирование потребления электроэнергии):

ΔWобщ = Wобщ • 0,03, где Wобщ - потребление электрической энергии зданиями за базовый год.

Таким образом экономия электрической энергии, в результате внедрения мероприятия составит:

ΔWобщ = тыс. кВт·ч ,

что в денежном выражении составит:

ΔС = ΔWобщ·Т·Кт,, где:

Т , руб./кВт·ч– средневзвешенный тариф на электроэнергию установленный для учреждения в базовом году,

Кт, – поправочный коэффициент, прогнозирующий рост тарифа на электрическую энергию.

Тогда простой срок окупаемости мероприятия равен

$D = Ст / \Delta C$, лет.

31. Применение диммирования в системе освещения

Использование диммирования в системах управления освещением значительно повышает его качество и комфорт. Диммируемый светильник освещает нужное место в нужное время и с нужной интенсивностью. В сочетании со светочувствительными датчиками такие системы используют ресурсы дневного света. Во многих помещениях потребность в освещении в течение дня меняется несколько раз. Диммирование позволяет поддерживать уровень освещенности в зависимости от уровня дневного света. При увеличении уровня естественного света уровень искусственного освещения понижается, и наоборот, что обеспечивается возможность поддержания интенсивности освещения рабочей поверхности на постоянном уровне независимо от времени суток.

Преимущества системы диммирования:

- подходит как для внутреннего, так и для уличного освещения;
- гибкое управление вплоть до каждого отдельного светильника. Светильники можно группировать, помещение зонировать;
- возможна комбинация регулируемых и нерегулируемых светильников и их групп, разных источников света;
- возможность встраивания в действующую систему управления для выведения контроля на компьютер в диспетчерский пункт;
- некоторые системы диммирования позволяют использовать существующие светильники.

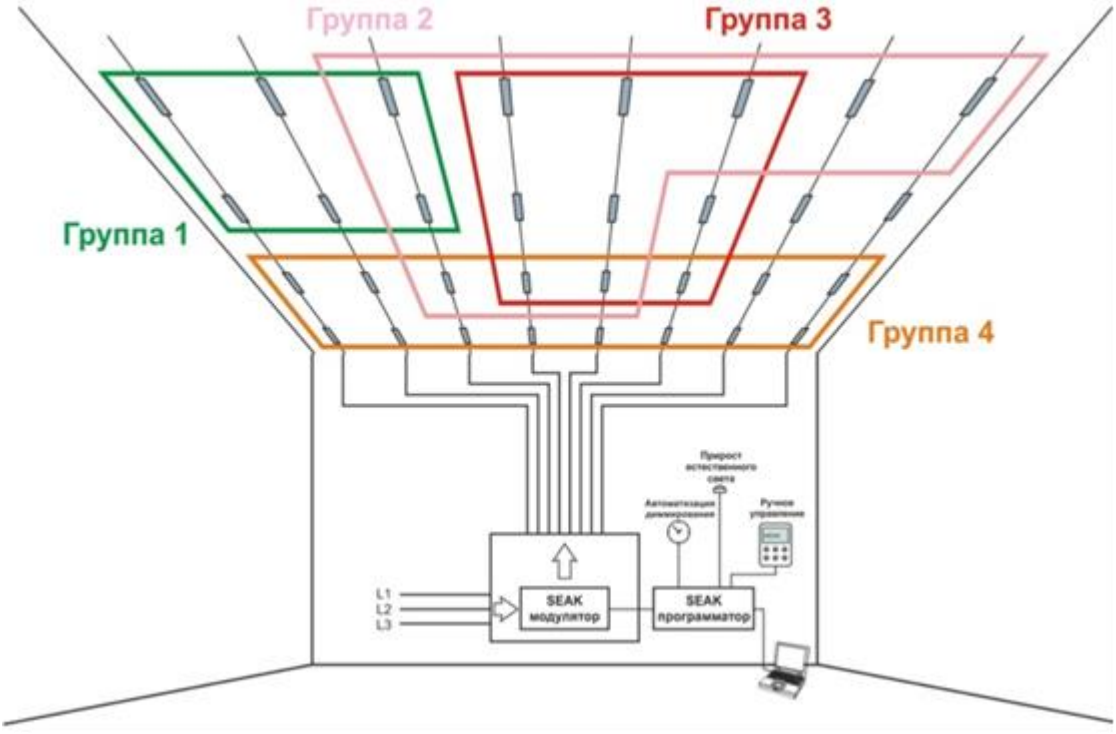


Рис. Пример управления зонированным помещением

За счет применения системы диммирования на объекте достигаются:

- продление срока службы источников света благодаря плавному управлению интенсивностью освещения;

– улучшение качества освещенности и условий пребывания людей;
– экономия расхода электроэнергии на освещение от 20% до 50%

Внедрение системы диммирования согласно экспертной оценке позволит снизить платежи электроэнергии до 50 % от потребления электрической энергии системы освещения:

$\Delta W_{дим} = W_{со} \cdot 0,5$, где $W_{со}$ - потребление электрической энергии системой освещения зданиями за базовый год.

Таким образом, экономия электрической энергии в результате внедрения мероприятия составит:

$\Delta W_{дим}$ = тыс. кВт•ч ,

что в денежном выражении составит:

$\Delta C = \Delta W_{со} \cdot Т \cdot К_т$, где:

Т , руб./кВт•ч– средневзвешенный тариф на электроэнергию установленный для учреждения в базовом году,

$К_т$, – поправочный коэффициент, прогнозирующий рост тарифа на электрическую энергию.

Ориентировочная стоимость системы диммирования составляет $С_{дим}$, тыс. руб./комп. Проектные работы по установлению оборудования системы диммирования, составляют $С_{псд}$, тыс. руб. Затраты на реализацию мероприятия с учётом стоимости монтажно-наладочных работ (50% стоимости оборудования) составят:

$С_т = С_{дим} \cdot 1,5 + С_{псд}$, тыс. руб.

Тогда простой срок окупаемости мероприятия равен

$D = С_т / \Delta C$, лет.

32.Увеличение производства электрической энергии с применением установок по использованию энергии ветра и солнца и их комбинаций, содействие строительству малых гидроэлектростанций, а также геотермальных источников энергии в местах возможного их использования

32.1. Использование энергии солнца.

Главным принципом работы солнечной электростанции (солнечных модулей) является преобразование энергии солнца в электричество.

Функциональные схемы солнечных электростанций состоят из солнечных батарей, необходимой мощности – для преобразования солнечного света в электроэнергию; импульсных преобразователей постоянного напряжения – для приведения плавающего напряжения солнечных модулей и аккумуляторных батарей к стабильному напряжению и зарядки аккумуляторных батарей, которые могут быть объединены в контроллер заряда-разряда аккумуляторных батарей; аккумуляторных батарей – для аккумулирования и хранения электроэнергии; автономного инвертора напряжения – для преобразования постоянного тока в переменный 220 В и питания бытовых электроприборов.

Для проектирования автономных солнечных электростанций требуется определение номинальной мощности солнечных модулей, их количества, ёмкости аккумуляторных батарей, мощностей инвертора и контроллера заряда-разряда. Для размещения солнечных электростанций на крыше здания требуется проектный расчет нагрузки на строительные конструкции опор крыши. При этом необходимыми данными для расчета мощности солнечной электростанции являются: район расположения; существующие подводки (если они имеются); общая площадь дома; количество помещений; используемые электроприборы; наличие отопления и горячего водоснабжения; суммарная максимальная мощность всех электроприборов; примерное время работы каждого электропотребителя.

Методика расчета мощности автономных солнечных электростанций разбита на несколько основных этапов.

Этап 1. Расчет выходной мощности АСЭ.

При проектировании автономной солнечной электростанции сначала нужно составить список всех потребителей электроэнергии, выяснить их потребляемую мощность, напряжение и внести в список (табл. 1). Потребители переменного напряжения (№ 1-№ 4, табл. 1) подключаются к основной шине питания АСЭ через индивидуальные автономные инверторы напряжения, а потребители постоянного напряжения Н1, Н2 (№ 7 и № 8, табл. 1) со значениями напряжения, отличающимися от номинального значения напряжения основной шины – через импульсные преобразователи постоянного напряжения как повышающего, так и понижающего типов. Потребитель (№ 5, табл. 1) подключается «напрямую» к основной шине питания, а потребитель (№ 6, табл. 1) подключен к дополнительной шине питания, т.е. к отдельной аккумуляторной батарее АСЭ. За основную шину питания, принимается шина, к которой в ночное время суток подключается аккумуляторная батарея АСЭ либо напрямую, либо через повышающий ИППН. В нашем примере в качестве основной шины питания принята шина с напряжением = 24 В, соответствующим напряжению аккумуляторной батареи АСЭ.

В случае присутствия в списке потребителей нагрузок с различными типами и значениями напряжений питания необходимо пересчитать их мощности на основную шину питания АСЭ. Тогда мощности отдельных нагрузок на основную шину питания пересчитываются по формуле:

$$\eta_{oc,i} = \frac{P_{H,i}}{\eta_i} \quad (1)$$

где $P_{н,i}$ – мощность i-го потребителя; $P_{ос,i}$ – мощность i-го потребителя, пересчитанная на основную шину АСЭ; η_i – КПД i-го автономного инвертора напряжения или i-го импульсного преобразователя постоянного напряжения для потребителей, соответственно, переменного и постоянного токов (в табл. 1 КПД АИН и ИППН принимается равным 0,8). Если потребитель постоянного тока подключается к основной шине питания «напрямую» или питается от отдельной аккумуляторной батареи напряжением, меньшим напряжения аккумуляторной батареи АСЭ (№ 6, табл. 1), то в формуле пересчета (1) КПД принимается равным единице.

Затем нужно оценить, сколько времени в течение суток используются те или другие электроприборы, и, умножив мощность прибора на время его работы, определить ежедневную потребность в электроэнергии, эти данные записать в соответствующие колонки таблицы. Так составляется таблица общего энергопотребления за сутки.

Таблица 1

Таблица общего энергопотребления за сутки

№ п/п	Нагрузка	Напряжение, мощность	Мощность на основной шине, Вт	Время работы, ч/сут	Энергопотребление, Втч/сут
1.	Электрический чайник				
2.	СВЧ-печь				
3.	Холодильник				
4.	Телевизор				
5.	Освещение коридоров				
6.	Освещение аудиторий				
7.	Потребитель 1				
8.	Потребитель 2				

Солнечная электростанция может питать много электроприборов при условии, что их энергопотребление превышающее количество электроэнергии, произведенной АСЭ будет компенсироваться из основной сети внутреннего электроснабжения. Список потребителей электроэнергии содержит нагрузки, работающие либо постоянно, либо непостоянно (редко, очень редко). В свою очередь, нагрузки, работающие непостоянно, подразделяются на нагрузки, работающие с фиксированным и плавающим интервалом работы (например, холодильник – № 3, табл. 1). Игнорирование этих факторов может привести к неоправданному завышению выходной мощности и удорожанию автономной

солнечной электростанции. Поэтому необходимо правильно определить выходную мощность автономной солнечной электростанции.

Для удешевления АСЭ необходимо составить график изменения нагрузки за сутки, т.е. зависимости суммарной мощности нагрузки потребителей, работающих в текущий момент времени, от времени в течение сутки. При этом необходимо исключить одновременную работу потребителей большой мощности или большого числа потребителей малой мощности и распределить подключение нагрузок во времени так, чтобы выходная мощность АСЭ стремилась к минимуму. Например, примем, что СВЧ-печь подключается к сети только после выключения электрического чайника (№ 1 и № 2, табл. 1). Причем для гарантии последовательного подключения потребителей и удешевления АСЭ их подключение должно производиться к одному АИН с одной розеткой подключения.

При составлении графика изменения нагрузки не представляется возможным точно определить интервалы включения нагрузок с плавающим интервалом работы (холодильник, табл. 1). Поэтому при составлении графика изменения нагрузки для упрощения принимаем, что такие нагрузки являются постоянно действующими.

С учетом вышеприведенных обстоятельств составляется график изменения нагрузки за сутки в виде таблицы (табл. 2). Суммарные мощности нагрузок на выделенных интервалах времени рассчитываются по формуле

$$P_{н,j} = \sum_{i=1}^{N} P_{ос,i} \quad , (2)$$

где N – число потребителей, включенных в сеть на j-м интервале времени.

Таблица 2

График изменения нагрузки за сутки

№ п/п	Нагрузка	Мощность нагрузки на интервалах времени, Вт												
		с 8^{00} до 8^{05}	с 7^{00} до 7^{05}	с 7^{00} до 7^{05}	с 7^{00} до 7^{05}	с 7^{00} до 7^{05}	с 7^{00} до 7^{05}	с 7^{00} до 7^{05}	с 7^{00} до 7^{05}	с 7^{00} до 7^{05}	с 7^{00} до 7^{05}	с 7^{00} до 7^{05}	с 7^{00} до 7^{05}	с 7^{00} до 7^{05}
1.	Электрический чайник													
2.	СВЧ-печь													
3.	Холодильник													
4.	Телевизор													
5.	Освещение коридоров													
6.	Освещение аудиторий													
7.	Потребитель 1													
8.	Потребитель 2													
	Итого													

Такие электроприборы, как холодильник, насосы, электродрель и ряд других, в момент пуска потребляют мощность в 5-6 раз больше «паспортной». В этом случае целесообразно осуществить потребление пусковых мощностей от центральной системы электроснабжения.

В течение дневного времени суток солнечная батарея заряжает аккумуляторную батарею и обеспечивает питанием потребителей. Принимаем за интервал дневного времени суток: летом $\Delta t_{дв} = 14$ ч (с 6 00 до 20 00), зимой

$\Delta t_{дв} = 8$ ч (с 8 00 до 16 00). Тогда выходная мощность автономной солнечной электростанции определяется как максимальная мощность нагрузки за интервал летнего дневного времени суток по формуле

$$P_н = \max\{P_н, j\} , j \sim[1, M] , (3)$$

где М – число выделенных интервалов времени, входящих в интервал летнего дневного времени суток.

Согласно табл. 2 выходная мощность автономной солнечной электростанции составляет $P_н = 1862{,}5$ Вт, которая будет использоваться для расчета мощности солнечной батареи АСЭ.

Рассмотренная выше методика расчета выходной мощности АСЭ учитывает изменение во времени значения мощности нагрузки и является общим случаем. В частном случае нагрузка АСЭ не изменяется, т.е. является постоянной. К таким потребителям относятся сотовые станции, системы оперативного питания электрических станций и подстанций, светофоры и др. В этом случае выходная мощность автономной солнечной электростанции должна соответствовать суммарной мощности нагрузок.

Этап 2. Расчет емкости аккумуляторной батареи АСЭ.

В ночное время суток накопленная в аккумуляторной батарее автономной солнечной электростанции энергия потребляется нагрузкой. Энергия (энергоемкость) аккумуляторной батареи определяется как произведение ее емкости на номинальное напряжение. Емкость показывает потенциал аккумуляторной батареи, т.е. сколько времени она сможет питать нагрузку, если будет полностью заряжен. Емкость измеряется в ампер-часах. По мере разряда напряжение и энергоемкость аккумуляторной батареи падают. Расход емкости ΔС аккумуляторной батареи АСЭ за время питания нагрузки $\Delta t_{нв}$ определяется как

$$\Delta C = \frac{P_н}{U_н} \cdot \Delta t_{нв} = \frac{P_н}{U_н} \cdot (24 - \Delta t_{дв}) , (4)$$

где $P_н$ – номинальная мощность нагрузки;

$U_н$ – номинальное напряжение нагрузки;

$\Delta t_{нв}$ – интервал ночного времени суток (в летнее время $\Delta t_{нв} = 10$ ч, зимой – $\Delta t_{нв} = 16$ ч);

$\Delta t_{дв}$ – интервал дневного времени суток.

Глубокий разряд может вывести аккумулятор из строя. Поэтому производители аккумуляторов устанавливают конечное напряжение разряда, при достижении которого аккумулятор необходимо отключать от нагрузки и заряжать. Чтобы аккумулятор служил долго, его нельзя разряжать более чем на 70-80%. Степень разряженности аккумуляторной батареи АСЭ

$$S_p = \frac{C_н - C_{\min}}{C_н} \cdot 100\% = \frac{\Delta C}{C_н} 100\% \ , (5)$$

Выразив из (5) емкость $C_н$ с учетом (4) получаем выражение для определения требуемой емкости аккумуляторной батареи АСЭ в виде

$$C_н = \frac{100 \cdot P_н}{S_p \cdot W_{аб}} \cdot \Delta t_{нв} \ , (6)$$

Уравнение (6) позволяет легко рассчитать требуемую емкость аккумуляторной батареи АСЭ при постоянной нагрузке. Наиболее тяжелым режимом эксплуатации аккумуляторных батарей АСЭ является зимнее время, поэтому при расчетах по формуле (6) принимают $\Delta t_{нв}$ = 16 ч, а степень разряженности аккумуляторной батареи – $S_р$ = 70%.

Чем больше выходное напряжение АСЭ, тем меньше емкость, ток разряда

$I_р = P_н / U_н$ аккумуляторной батареи и ниже ее цена. Для стационарных (промышленных) свинцовых аккумуляторов максимальный ток разряда ограничен значением, которое численно в амперах составляет от 5 до 25 емкостей аккумулятора. Чем меньше ток АСЭ, тем меньше омические потери мощности, выше КПД и, следовательно, ниже стоимость солнечной электростанции. Поэтому выгодно иметь электрические системы высокого напряжения. Причем, чем больше мощность электростанции, тем больше выигрыш высоковольтной системы по сравнению с низковольтной.

В прошлом почти во всех фотоэлектрических системах использовалось постоянное напряжение 12 В, поэтому широко применялись приборы на 12 В, питавшиеся прямо от батареи. С появлением эффективных и надежных инверторов все чаще в АСЭ используется напряжение 24, 48 В и выше. Так, автономные солнечные электростанции, производящие и потребляющие менее 1000-1500 Вт·ч в день, лучше всего сочетаются с напряжением в 12 В. АСЭ, производящие 1000-3000 Вт·ч в день, обычно используют напряжение 24 В, а АСЭ, производящие более 3000 Вт·ч в день, используют 48 В и выше.

Напряжение в системе – очень важный фактор, который влияет на параметры инвертора, средств управления, зарядного устройства и электропроводки. Однажды купив все эти компоненты, их трудно заменить. Некоторые компоненты системы, например, фотоэлектрические модули, можно переключить с 12 В на более высокое
напряжение, другие – инвертор, проводка и средства контроля – предназначены для определенного напряжения и могут работать только в его рамках.

Аккумуляторная батарея АСЭ с емкостью $C_н$ набирается из отдельных серийно производимых аккумуляторных батарей небольшой емкости путем последовательного и параллельного их соединения. Последовательное соединение отдельных аккумуляторных батарей используется для увеличения напряжения, а емкость ветви аккумуляторной батареи при этом соответствует емкости отдельной аккумуляторной батареи. Получившаяся при параллельном соединении аккумуляторная батарея имеет то же напряжение, что и одиночная аккумуляторная батарея, а емкость такой аккумуляторной батареи равна сумме емкостей входящих в нее одиночных аккумуляторных батарей.
Энергоемкость аккумуляторной батареи автономной солнечной электростанции вычисляется как

$$m = C_н \cdot U_н \ , (7)$$

Число последовательно включенных одиночных аккумуляторных батарей в ветви

$$n = \frac{U_н}{U_{аб}}\ , (8)$$

где $U_{аб}$ – напряжение отдельной аккумуляторной батареи.

Число параллельных ветвей в аккумуляторной батарее АСЭ

$$m = \frac{C_н}{C_{аб}}\ , (9)$$

где $C_{аб}$ – емкость отдельной аккумуляторной батареи.

Тогда общее число отдельных аккумуляторных батарей в аккумуляторной батарее АСЭ соответствует

$$N = n \cdot m \ (10)$$

Подставив в (10) уравнения (6)-(9), получаем соотношение для определения общего числа одиночных аккумуляторных батарей, входящих в аккумуляторную батарею АСЭ в виде:

$$N = \frac{100 \cdot P_н}{S_р \cdot W_{аб}} \cdot \Delta t_{нв}\ , (11)$$

где $W_{аб} = C_{аб}\ U_{аб}$ – энергоемкость отдельной аккумуляторной батареи. Чем больше энергоемкость или емкость при заданном напряжении аккумулятора, тем меньше отдельных аккумуляторов потребуется в аккумуляторную батарею АСЭ. Выбрав аккумулятор заданной емкости из уравнений (6) и (9), можно составить выражение для определения напряжения аккумуляторной батареи АСЭ в виде

$$U_н = \frac{100 \cdot P_н}{S_р \cdot m \cdot C_{аб}} \cdot \Delta t_{нв}\ , (12)$$

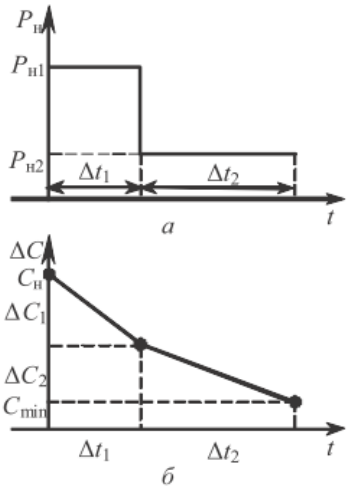
В общем случае нагрузка АСЭ непостоянная, т.е. изменяется во времени. Изменение нагрузки согласно табл. 2 на интервале ночного времени суток (с 16 00 до 8 00) можно аппроксимировать графиком, представленным на рис. 1. Для упрощения графика нагрузка представлена двумя значениями $P_{н1}$ = 1863 Вт и $P_{н2}$ = 600 Вт на пяти интервалах времени. Объединяя представленные на графике (рис. 1) интервалы времени с одинаковыми значениями нагрузок, получаем двухступенчатый график изменения нагрузки (рис. 2, а). Интервалы времени Δt_1 и Δt_2 , определенные как сумма интервалов времени с нагрузкой $P_{н1}$ и $P_{н2}$, соответственно, равны Δt_1 = 1/3 ч и $\Delta t_2 = 15 \cdot 2/3$ ч.

График изменения емкости аккумуляторной батареи автономной солнечной электростанции при двухступенчатой нагрузке представлен на рис. 2, б. На первом интервале времени расход емкости аккумуляторной батареи определяется как

$$\Delta C_1 = \frac{P_{н1}}{U_н} \cdot \Delta t_1\ , (13)$$

а на втором –

$$\Delta C_2 = \frac{P_{н2}}{U_н} \cdot \Delta t_2\ , (14)$$



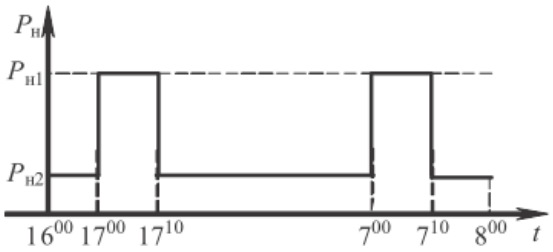


Рис.1. Упрощенный график изменения нагрузки

Рис.2. Графики изменения нагрузки (а) и емкости АБ(б)

Учитывая, что $\Delta C = \Delta C_1 + \Delta C_2$, из (5), (13) и (14) получаем выражение для определения требуемой емкости аккумуляторной батареи автономной солнечной электростанции в виде

$$C_н = \frac{100}{S_p U_н} \cdot (P_{н1} \cdot \Delta t_1 + P_{н2} \cdot \Delta t_2) \text{ , (15)}$$

Очевидно, что расчет по уравнению (15) дает завышенную требуемую емкость аккумуляторной батареи. Для более точного определения требуемой емкости необходимо как можно точнее учесть изменение графика нагрузки на интервале ночного времени суток.

Этап 3. Расчет мощности зарядного устройства АСЭ.

Зарядка аккумулятора – процесс обратный разрядке аккумулятора – во время зарядки, аккумулятор запасает энергию, питаясь от внешнего источника тока или солнечной батареи. После полной зарядки аккумулятор накапливает заряд, равной емкости аккумулятора.

В практике эксплуатации аккумуляторных батарей пользуются, как правило, одним из двух методов заряда батареи: заряд при постоянстве тока или заряд при постоянстве напряжения. Оба эти метода равноценны с точки зрения их влияния на долговечность батареи.

Заряд при постоянстве тока производится током, значение которого равно 10% от номинальной емкости при 20-часовом режиме разряда. Для большинства стационарных свинцовых аккумуляторов этот ток написан на его корпусе. Максимальное значение зарядного тока составляет от 0,2 до 0,3 емкости аккумулятора. Для поддержания постоянства тока в течение всего процесса заряда необходимо регулирующее устройство. Недостаток такого способа заряда – необходимость постоянного контроля и регулирования зарядного тока, а также обильное газовыделение в конце заряда. Для снижения газовыделения и повышения степени заряженности батареи целесообразно ступенчатое снижение силы тока по мере увеличения зарядного напряжения. Когда напряжение достигнет 14,4 В, зарядный ток уменьшают в два раза и при таком токе продолжают заряд до начала газовыделения. При заряде батарей, которые не имеют отверстий для доливки воды, целесообразно при увеличении зарядного напряжения до 15 В еще раз уменьшить ток в два раза. Батарея считается полностью заряженной, когда ток и напряжение при заряде сохраняются без изменения в течение одного-двух часов. Для современных необслуживаемых батарей такое состояние наступает при напряжении 16,3-16,4 В.

Температура электролита во время заряда батарей возрастает, поэтому необходимо контролировать ее значение, особенно к концу заряда. Если к концу заряда плотность электролита отличается от нормы, необходимо произвести корректировку доливкой дистиллированной воды в случаях, когда плотность выше нормы, или доливкой раствора серной кислоты плотностью 1,4 г/см 3 , когда она ниже нормы.

При заряде при постоянстве напряжения степень заряженности аккумуляторной батареи по окончании заряда напрямую зависит от значения зарядного напряжения.

Так, например, за 24 ч непрерывного заряда при напряжении 14,4 В полностью разряженная 12-вольтовая батарея зарядится на 75-85%. При напряжении 15 В – на 85-90%, а при напряжении 16 В – на 95-97%. Полностью зарядить разряженную батарею в течение 20-24 ч можно при напряжении зарядного устройства 16,3-16,4 В. В первый момент включения зарядного устройства ток может достигать 40-50 А и более. Поэтому зарядное устройство должно снабжаться схемными решениями, ограничивающими максимальный ток заряда.

Для полного заряда аккумуляторных батарей в сокращенное время применяется ускоренный комбинированный способ заряда, заключающийся в заряде в два этапа. На первом этапе заряд осуществляется постоянным током до достижения напряжения 14,5 В, на втором этапе – при постоянном напряжении 13,8 В. Иногда этот метод быстрой зарядки называют заряд методом I-U (ток-напряжение). Метод позволяет полностью зарядить свинцовый аккумулятор примерно за шесть часов при начальном токе заряда 20% от емкости. Быстрый заряд чаще применяется при эксплуатации аккумуляторов в циклическом режиме, т.е. в АСЭ.

Исходя из вышесказанного, следует, что для заряда 12-вольтового аккумулятора ($U_{аб}$ = 12 В) необходимо иметь максимальный ток заряда $I_{max,зар}$ = 0,2 С/1 ч и максимальное выходное напряжение зарядного устройства $U_{max,зар}$ = 16,5 В. В общем случае аккумуляторная батарея автономной солнечной электростанции состоит из n последовательно включенных одиночных аккумуляторных батарей. В этом случае выходная мощность зарядного устройства равняется:

$$P_{зу} = n \cdot I_{\max,зар} \cdot U_{\max,зар} = 1{,}375 \cdot n \cdot I_{\max,зар} \cdot U_{аб} \text{ , (16)}$$

Зарядка свинцовых аккумуляторов, соединенных последовательно, представляет опасность. При зарядке соединенных последовательно аккумуляторов с разными емкостями их параметры (энергоемкость, напряжение) все больше и больше расходятся, т.е. «разбегаются». Поэтому на практике широко применяют зарядку отдельных аккумуляторов от индивидуальных зарядных устройств. Для отдельного заряда аккумуляторных батарей потребуется n зарядных устройств в n раз меньшей мощности.

Этап 4. Расчет мощности основной шины АСЭ.

Все потребители электроэнергии и зарядное устройство аккумуляторной батареи автономной солнечной электростанции питаются через основную шину. Для правильного выбора сечения основной шины и определения мощности солнечных батарей АСЭ необходимо знать пропускную мощность основной шины. Пропускная мощность основной шины АСЭ определяется как сумма мощностей нагрузки и заряда аккумуляторной батареи:

$$P_{ош} = P_{н} + \frac{P_{зу}}{\eta_2}, \quad (17)$$

где $P_н$ – мощность нагрузки АСЭ; $P_{зу}$ – мощность зарядного устройства АСЭ; η_2 – КПД зарядного устройства АСЭ.

Этап 5. Расчет мощности солнечных батарей АСЭ.

Расчет мощности солнечных батарей необходим для правильного их выбора и обеспечения необходимым количеством электроэнергии автономной солнечной электростанции. Требуемая мощность солнечной батареи определяется соотношением

$$P_{сб} = \frac{P_{ош}}{\eta_1} = \frac{P_{н}}{\eta_1} + \frac{P_{зу}}{\eta_1 \cdot \eta_2}, \quad (18)$$

где η_1 – КПД импульсного преобразователя постоянного напряжения понижающего типа.

Количество вырабатываемой электроэнергии солнечной батареей зависит от погодных условий. Для учета этого фактора необходимо определить количество солнечной энергии, на которое можно рассчитывать в данной местности. Обычно эти данные можно получить у местного поставщика солнечных батарей или на гидрометеостанции. При этом важно учитывать два фактора: среднегодовую солнечную радиацию, а также ее среднемесячные значения при наихудших погодных условиях.

С помощью первого фактора фотоэлектрическую систему можно рассчитать в соответствии со среднегодовой солнечной радиацией, т.е. в некоторые месяцы будет больше энергии, чем требуется, а в другие – меньше. При выборе второго фактора всегда будет, как минимум, достаточно энергии для удовлетворения потребностей, если исключить чрезвычайно продолжительные периоды плохой погоды.

Теперь можно подсчитать номинальную мощность фотоэлектрического модуля.

Взяв из таблиц значение солнечной радиации за интересующий нас период и разделив его на 1000, получим так называемое количество пикочасов, т.е. условное время, в течение которого солнце светит как бы с интенсивностью 1000 Вт/м2.

Модуль мощностью Pw в течение выбранного периода выработает следующее количество энергии:

$W_{сп.1шт} = k \cdot E \cdot Pw / 1000,$

где E – значение инсоляции за выбранный период; k – коэффициент, равный 0,5 и 0,7 в летний и зимний периоды, соответственно. Он делает поправку на потерю мощности солнечных элементов при нагреве на солнце, а также учитывает наклонное падение лучей на поверхность модулей в течение дня. Разница в его значении зимой и летом обусловлена меньшим нагревом элементов в зимний период.

Исходя из суммарной мощности потребляемой энергии и приведенной выше формулы, легко рассчитать суммарную мощность модулей, простым делением ее на мощность одного модуля получим количество модулей.

Используя фотоэлектрические модули разной мощности, можно построить солнечную батарею с необходимой нам установленной мощностью.

Этап 6. Расчет КПД АСЭ.

Оценка эффективности работы автономной солнечной электростанции определяется коэффициентом полезного действия. КПД АСЭ определяется соотношением

$$\eta = \frac{P_н}{P_{сб}} = \frac{P_н \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}{P_н \cdot \eta_2 + P_{зу}}, \quad (19)$$

Этап 7. Выбор автономных инверторов напряжения АСЭ.

При выборе инвертора необходимо посчитать всю суммарную нагрузку приборов, подключаемых к инвертору, и увеличить, как минимум, на 30% полученную мощность. Выбранный на эту мощность инвертор позволит запускать такие электроприборы, как компрессорный холодильник, насосы и др., с пусковыми мощностями, в 3-4 раза превышающими паспортный.

В рассматриваемом случае автономный инвертор напряжения последовательно питает электрический чайник и СВЧ-печь через одну розетку. Причем мощность СВЧ-печи больше мощности электрического чайника. Поэтому мощность инвертора составляет 1950 Вт и определяется путем увеличения на 30% мощности СВЧ-печи, пересчитанной на основную шину.

Расчет окупаемости.

Производительность каждой солнечной панели, составляет *(в соответствии с характеристиками в техническом паспорте)* кВт/час, площадью *(указать)* кв.м, массой *(указать)* кВт. Вырабатываемая электрическая энергия в году, в соответствии с количеством солнечных дней в году *(для конкретного региона)*, составляет $W_{сп}$ (кВтч) и определяется по формуле:

$$W_{сп} = n \cdot W_{сп.1шт} \cdot$$

$$n = S_{кр} / S_{сп}, \text{ шт},$$

где $S_{кр}$ – полезная площадь крыши, кв.м.

$S_{сп}$ – площадь солнечной панели, кв.м. (*без учета угла наклона*)

$W_{сп.1шт}$ - вырабатываемая электрическая энергия одной солнечной панели (модуля), кВтч.

$\Delta W_{сэ} = W_{сп}$

Таким образом, экономия электрической энергии в результате внедрения мероприятия составит:

$\Delta W_{сэ}$ = тыс. кВт•ч ,

что в денежном выражении составит:

$\Delta C = \Delta W_{со} \cdot T \cdot K_т$, где:

Т , руб./кВт•ч– средневзвешенный тариф на электроэнергию установленный для учреждения в базовом году,

$K_т$, – поправочный коэффициент, прогнозирующий рост тарифа на электрическую энергию.

Ориентировочная стоимость солнечной электростанции составляет

$C_{сэ} = n \cdot C_{сп} + C_{доп}$, тыс. руб.,

где $C_{сп}$ – стоимость одной солнечной панели (модуля), руб.

$С_{доп}$ – стоимость дополнительного оборудования к модулям (инвертор, стабилизатор, АКБ, контроллер управления, кабельные линии и т.д.), руб.

Проектные работы по установлению электрической станции, составляют $С_{псд}$, тыс. руб. Затраты на реализацию мероприятия с учётом стоимости монтажно-наладочных работ (50% стоимости оборудования) составят:

$С_т = С_{сэ} \cdot 1,5 + С_{псд}$, тыс. руб.

Тогда простой срок окупаемости мероприятия равен:

$D = С_т / \Delta С$, лет.

32.2. Использование энергии ветра.

Ветрогенератор — устройство для преобразования кинетической энергии ветрового потока в механическую энергию вращения ротора с последующим её преобразованием в электрическую энергию.

Энергию ветра относят к возобновляемым видам энергии, так как она является следствием активности Солнца.

Мощность ветрогенератора зависит от площади, ометаемой лопастями генератора, и высоты над поверхностью.

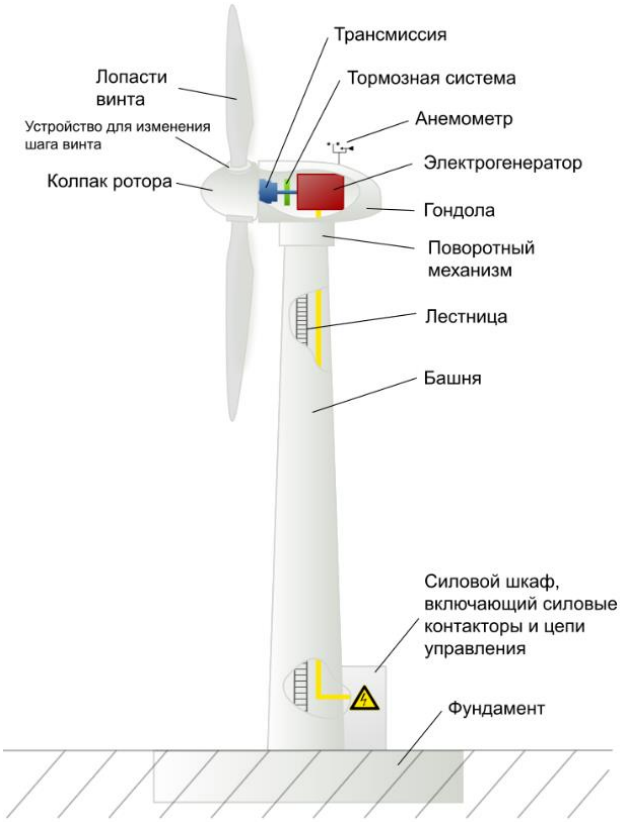
Воздушные потоки у поверхности земли/моря являются ламинарными — нижележащие слои тормозят расположенные выше. Этот эффект заметен до высоты 1 км, но резко снижается уже на высотах больше 100 метров. Высота расположения генератора выше этого пограничного слоя одновременно позволяет увеличить диаметр лопастей и освобождает площади на земле для другой деятельности. Современные генераторы (2010 год) уже вышли на этот рубеж, и их количество резко растёт в мире. Ветрогенератор начинает производить ток при ветре 3 м/с и отключается при ветре более 25 м/с. Максимальная мощность достигается при ветре 15 м/с. Отдаваемая мощность пропорциональна третьей степени скорости ветра: при увеличении ветра вдвое, от 5 м/с до 10 м/с, мощность увеличивается в восемь раз.

Существуют два основных типа ветротурбин:

- с вертикальной осью вращения («карусельные» — роторные (в том числе «ротор Савониуса»), «лопастные» ортогональные — ротор Дарье);
- с горизонтальной осью вращения (крыльчатые).

Широкое использование горизонтально-осевых ВЭУ обусловлено их высокой

эффективностью. Даже самый посредственный лопастной ветряк легко достигает коэффициента использования энергии ветрового потока (КИЭВ) в 30 %. А самый тщательно отлаженный роторный, в лучшем случае, — 20 %



Мощность ветрогенератора зависит от мощности воздушного потока (N), определяемой скоростью ветра и ометаемой площадью $N = \frac{p \cdot S \cdot V^3}{2}$,

где: V — скорость ветра, p — плотность воздуха, S — ометаемая площадь.

Производительность каждого ветрогенератора $W_{гэ}$, составляет *(в соответствии с характеристиками в техническом паспорте)* кВт/час, массой *(указать)* кВт. Вся произведенная ветрогенератором электроэнергия является экономией.

Таким образом, экономия электрической энергии в результате внедрения мероприятия составит:

$\Delta W_{гэ}$ = тыс. кВт•ч ,

что в денежном выражении составит:

$\Delta C = \Delta W_{со} \cdot Т \cdot К_т$, где:

Т , руб./кВт•ч– средневзвешенный тариф на электроэнергию установленный для учреждения в базовом году,

$К_т$, – поправочный коэффициент, прогнозирующий рост тарифа на электрическую энергию.

Ориентировочная стоимость ветрогенератора составляет

$С_{гэ} = С_{гп} + С_{доп}$, тыс. руб.,

где $С_{гп}$ – стоимость одного ветрогенератора, руб.

$С_{доп}$ – стоимость дополнительного оборудования к ветрогенератору (инвертор, стабилизатор, АКБ, кабельные линии и т.д.), руб.

Проектные работы по установлению ветряной электростанции, составляют $С_{псд}$, тыс. руб. Затраты на реализацию мероприятия с учётом стоимости монтажно-наладочных работ (50% стоимости оборудования) составят:

$С_т = С_{гэ} \cdot 1{,}5 + С_{псд}$, тыс. руб.

Тогда простой срок окупаемости мероприятия равен

$D = С_т / \Delta С$, лет.