

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. А.А. ЕЖЕВСКОГО**

АЛТУХОВ И.В.

**Научные основы энергосбережения
Учебное пособие**

ИРКУТСК 2018

УДК 621.311.004.18 (075.8)

Рецензенты:

Доцент кафедры электроснабжения и электротехники Иркутского государственного аграрного университета им. А.А.Ежевского, кандидат технических наук, доцент Иванов Д.А.

Доцент, кафедры электроснабжения и электротехники Иркутского национального исследовательского технического университета кандидат технических наук, доцент Кирюхин Ю.А.

Автор И.В. Алтухов

Учебное пособие «Научные основы энергосбережения» предназначено для самостоятельной работы студентов по направлению «Электроэнергетика и электротехника», а так же «Теплоэнергетика и теплотехника» может быть полезно аспирантам и студентам энергетического факультета.

Рекомендовано к изданию Методическим советом энергетического факультета (протокол № 4 от 27 февраля 2018 г.).

© Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный аграрный университет им. А.А.Ежевского», 2018.

Цели освоения дисциплины

Цель изучения дисциплины – формирование научных знаний по рациональному использованию энергетических ресурсов, подготовка специалистов, способных ставить и решать задачи в области энергосбережения на сельскохозяйственных, промышленных и жилищно-коммунальных объектах.

Овладение знаниями о законах энергосбережения, принципах, понятиях, терминологии, содержании, специфических особенностях организации и управлении научными исследованиями. Дисциплина «Научные основы энергосбережения» позволяет получить знания по основным способам энергосбережения, практическим методам и приемам проведения энергосберегающих мероприятий на базе современных достижений отечественных и зарубежных ученых и овладеть навыками выбора способа, метода и средства, проведения энергосберегающих мероприятий, получения обоснованных эффективных решений с использованием информационных технологий.

Задача дисциплины – привитие навыков оценки энергетической эффективности оборудования, технологических установок и производств в области энергосберегающих мероприятий и энергосберегающего оборудования

| | |
|---|-----------|
| Введение | 5 |
| 1 Классификация различных энергетических систем..... | 6 |
| 1.1 Системы электроснабжения и электропотребления..... | 8 |
| 1.2 Классификация систем электроснабжения и виды освещения..... | 17 |
| 2. Системы теплоснабжения и теплопотребления..... | 21 |
| 2.1 Классификация систем теплоснабжения..... | 22 |
| 2.2 Системы ГВС и холодной воды..... | 24 |
| 2.3 Типовые энергосберегающие мероприятия энергетических систем..... | 30 |
| 3 Методические рекомендации по оценке эффективности энергосберегающих мероприятий..... | 36 |
| 3.1 Показатели оценки эффективности от реализации мероприятий по энергосбережению..... | 36 |
| 3.2 Методика расчета оценки срока окупаемости мероприятия..... | 37 |
| 3.3 Методика расчёта эффективности мероприятия «Замена ламп накаливания на компактные люминесцентные лампы»..... | 38 |
| 3.4 Методика расчёта эффективности мероприятия «Установка частотно-регулируемого привода» для одного насоса (вентилятора)... | 39 |
| 3.5 Методика расчёта эффективности мероприятия «Применение автоматических сенсорных смесителей»..... | 44 |
| 3.6 Методика расчёта эффективности мероприятия «Улучшение теплозащитных свойств ограждающих конструкций здания (кровля)»..... | 46 |
| 4 Расчет годовой экономии от внедрения мероприятий в денежном выражении..... | 50 |
| 4.1 Порядок расчета эффекта от мероприятия в натуральном и денежном выражении в сопоставимых условиях..... | 50 |
| 4.2 Расчет годовой экономии от внедрения мероприятия «Замена ламп накаливания на компактные люминесцентные лампы»..... | 51 |
| 4.3 Расчет годовой экономии от внедрения мероприятия «Установка частотно-регулируемого привода»..... | 53 |
| 4.4 Расчет годовой экономии от внедрения мероприятия «Применение автоматических сенсорных смесителей»..... | 55 |
| 4.5 Расчет годовой экономии от внедрения мероприятия «Улучшение теплозащитных свойств ограждающих конструкций здания (кровля)»..... | 57 |
| Список использованных источников..... | 59 |

Эффективная реализация энергосберегающей политики возможна только при наличии целого комплекса взаимосвязанных мероприятий, который включает подготовку законодательно-нормативных документов, разработку механизмов экономического стимулирования, методологические и научные разработки, производство энергоэффективного оборудования.

Основные социальные и экономические достижения общества связаны с использованием энергии, энергетических ресурсов. Сегодня доступность энергетических технологий стала для нас привычным явлением, без которых трудно обойтись каждую минуту и без которых сложно представить жизнь современного общества. При выборе энергоэффективной технологии и оборудования в каждом конкретном случае необходимо учитывать большое число показателей их эффективности размеры необходимых инвестиций и сроки их окупаемости, величину экономии ТЭР, экологические показатели, социальную значимость, повышение конкурентоспособности продукции и услуг, замещение дефицитных видов топлива, обеспечение энергетической безопасности.

Тепловая и электрическая энергия – необходимое условие жизнедеятельности человека и создания благоприятных условий его быта. В экономике России энергосбережение и энергосберегающие технологии являются приоритетными при внедрении их в производство.

Альтернативы энергосбережению в настоящее время, безусловно, нет. Поэтому знания принципов работы, расчета и эксплуатации теплоэнергетического оборудования позволяют определить – где, что, в каких количествах, куда и почему теряется.

1 Классификация различных энергетических систем

Работа всех отраслей промышленности связана с использованием различных видов энергии, поступающей к потребителям по различным сетям.

Электрическая энергия, вырабатываемая на электрических станциях, передается по электрическим сетям; теплота, вырабатываемая на ТЭЦ, передается по тепловым сетям к потребителям тепла, использующим его непосредственно или преобразующим его в энергию другого вида. Газ, поступающий по трубопроводам, в свою очередь, может быть использован как топливо или сырье для химической промышленности.

Совокупность звеньев общей цепи производства, преобразования, распределения и использования всех видов энергии называется энергетической системой [12].

Энергетическая система состоит не только из котлов, турбин, генераторов, линий передачи электрической и тепловой энергии, трансформаторов, но и из электродвигателей, осветительных и нагревательных приборов, станков, насосов, вентиляторов и т.д. Энергетическими сетями называются комплексы энергетических устройств, которые служат для передачи и распределения энергии.

Установки, в которых подводимая энергия преобразуется в какой-либо другой вид энергии, называются приемниками энергии.

Таким образом, в энергетической системе имеются элементы 2-х видов:

- передающие, назначение которых – передача энергии на расстояние;
- преобразующие, в которых энергия преобразуется из одного вида в другой.

К числу передающих элементов относятся:

- воздушные и кабельные линии электропередач;
- трубопроводы;
- устройства топливоподачи;
- элементы, позволяющие осуществлять регулирование или прекращать передачу энергии (выключатели, вентили, задвижки).

К числу преобразующих элементов относятся:

- котлы;
- паровые турбины;
- гидротурбины;
- генераторы;

- трансформаторы;
- машины-орудия;
- осветительные;
- бытовые электроприборы и т.д.

Таким образом, в энергетической системе происходит последовательное преобразование энергии в одних элементах, и передача ее через другие.

Энергетические системы различают:

- по виду используемых энергетических ресурсов;
- по виду производимой энергии;
- по составу потребителей энергии;
- по взаимному географическому расположению источников энергетических ресурсов и потребителей энергии.

Внутри каждой из указанных областей возможна и более детальная классификация, например:

- по виду топлива для ТЭЦ;
- по имеющимся возможностям каскадного использования воды в системе оборотного водоснабжения и т.д.

Вид производимой энергии определяет развитие того или иного вида энергетических сетей для передачи и распределения энергии (электрические сети, тепловые сети, газовые сети, сети водоснабжения и т.д.).

Состав потребителей энергии определяет не только графики нагрузки, но и характеристики нагрузки. Эти показатели имеют важное значение в вопросах обеспечения надежности энергоснабжения и регулирования качества энергоносителя.

Одной из важнейших характеристик каждого элемента системы является совокупность его номинальных данных:

1. *Нагрузочная и перегрузочная способность*, т.е. мощность которую данный элемент может преобразовать или передать без ущерба для его надежности.

2. *Номинальные значения параметров* подводимой, преобразуемой или передаваемой энергии (например, параметры воздуха, используемого в качестве дутья для доменных печей, параметры технической воды на охлаждение, на очистку газов и т.д.), а также допустимые отклонения этих параметров от номинальных значений.

Основной характеристикой элемента, преобразующего энергию, является его номинальная мощность на выходе или производительность.

Для элемента, передающего энергию (воздухопровод, водовод), обычно задается наибольшая пропускная способность у одного из его концов.

Поддержание правильных показателей подводимой, преобразуемой или передаваемой энергии, а также ограничение величины нагрузки элемента пределами допустимой мощности или пропускной способности обеспечивают надежную работу элемента.

При оценке элемента энергосистемы важную роль играют энергетические характеристики. Преобразование и передача энергии в любом элементе энергетической системы связаны с некоторыми технологическими потерями энергии в элементе, а также с расходом энергии на работу вспомогательных устройств. Эти потери характеризуются рядом различных по форме энергетических характеристик элемента, которые могут быть выражены одна через другую.

Для элементов, передающих энергию, обычно пользуются только характеристиками потерь или КПД.

1.1 Системы электроснабжения и электропотребления

Системы электропотребления включают в себя трансформаторы, распределительные сети, электродвигатели, системы электрического уличного и местного освещения. Электрическая или электроэнергетическая система представляет собой часть энергетической системы. Из нее исключаются тепловые сети и тепловые потребители. Также система электроснабжения может включать в себя:

- источники электроэнергии (ГЭС, ТЭС, солнечная батарея, ветрогенератор);
- систему передачи электроэнергии (воздушная линия электропередачи, кабельная линия электропередачи, электропроводка);
- систему преобразования электроэнергии (трансформатор, автотрансформатор, выпрямитель, преобразователь частоты, конвертор);
- систему распределения электроэнергии (открытое распределительное устройство, закрытое распределительное устройство);
- систему релейной защиты и автоматики (защита от перенапряжения, грозозащита, защита от короткого замыкания, дуговая защита);

- систему управления и сигнализации (система диспетчерской связи, автоматизированная система контроля и управления энергией (АСКиУЭ), автоматизированная система коммерческого учёта энергии (АСКУЭ));
- систему эксплуатации (технологические карты, графики нагрузки, графики регламентного технологического обслуживания);
- систему собственных нужд (системы обогрева, освещения, вентиляции в зданиях и сооружениях, где размещены элементы СЭС);
- систему гарантированного электроснабжения наиболее ответственных потребителей (источник бесперебойного питания, система автономного электроснабжения (САЭ), система резервного электроснабжения (СРЭ), мобильная система аварийного электроснабжения (МСАЭ), Автоматический ввод резерва).

Электроснабжение – совокупность мероприятий по обеспечению электроэнергией различных ее потребителей. Системой электроснабжения называется комплекс инженерных сооружений, осуществляющих задачи электроснабжения, или совокупность электроустановок, предназначенных для обеспечения потребителей электрической энергией[11].

Сеть электроснабжения характерна тем, что связывает территориально удалённые пункты источников и потребителей. Это осуществляется при помощи линии электропередачи — специальных инженерных сооружений, состоящих из проводников электрического тока (провод — неизолированный проводник или кабель — изолированный проводник), сооружений для размещения и прокладки (опоры, эстакады, каналы), средств изоляции (подвесные и опорные изоляторы) и защиты (грозозащитные тросы, разрядники, заземление).

Задача построения системы электроснабжения не всегда проста и обычно. С учетом перспектив развития и соответствующей современным требованиям надежности и качества, предполагается несколько вариантов решений, зависящих от эксплуатационных требований и экономических показателей.

Создание системы электроснабжения включает в себя следующие основные этапы:

- разработка проекта (проектирование электроснабжения),
- поставка необходимого оборудования,
- выполнение электротехнических монтажных и пусконаладочных работ (монтаж электроснабжения),
- гарантийное и послегарантийное обслуживание электрических сетей.

Тщательная работа на стадии предварительного проектирования позволяет оптимизировать задачу электроснабжения объекта, обеспечить его бесперебойную работу и легкое масштабирование системы в дальнейшем. Для этого необходимо начинать разработку системы электроснабжения с анализа потребителей, экспертизы объекта, изучения возможных вариантов подключения к действующей системе электропитания объекта.

Очень важный этап - выбор электротехнического оборудования.

Электротехнические работы в типовом эксплуатируемом помещении (офисное, административное, производственное, складское, торговое и т.п.) состоят из следующих основных частей:

1. установка щитов учета и распределения (с автоматами защиты, устройствами защитного отключения, счетчиками электрической энергии);
2. устройство электропроводки в помещении, монтаж и подключение электрических приборов (токоприемников).

Распределительные щиты. Электрические распределительные щиты собираются из унифицированных модулей. Устанавливаемые в щит приборы (автоматы защиты, дифференциальные выключатели, реле, контакторы, счетчики, трансформаторы, таймеры, терморегуляторы и т.д.) имеют габаритные размеры кратные размеру одного модуля, щиты выпускаются как для навесного, так и для встроенного монтажа, имеют широкий диапазон типоразмеров, корпуса выполняются из пластмассы или из стали со специальным полимерным покрытием.

Автоматические выключатели. Автоматы защиты имеют отключающий механизм, обеспечивающий отключение для защиты от токов короткого замыкания и отключение с временной задержкой по току перегрузки. Автоматы могут быть однофазными и трехфазными.

Дифференциальные автоматические выключатели. Выключатели автоматические дифференциальные (дифавтоматы) предназначены для использования однофазной или трехфазной электрической сети в системе электроснабжения с заземленной нейтралью. Дифавтомат реагирует на дифференциальный (остаточный) ток (тип АС) и обеспечивает:

- повышение уровня безопасности при эксплуатации людьми бытовых и аналогичных электроприборов;
- предотвращение пожаров из-за возгорания изоляции токоведущих частей электроприборов от дифференциального (остаточного) тока на землю;

- автоматическое отключение участка электрической сети (в том числе квартирной) при перегрузке (ТЗ) и токе короткого замыкания (МТЗ).

Счетчики электрической энергии. Счетчики электрической энергии - электроизмерительные приборы для учета энергии переменного тока в однофазных и трехфазных сетях 220/380В с номинальной частотой 50 Гц. Счетчики могут быть однотарифные и двухтарифные (основная - дневная зона и льготная - ночь, суббота и воскресенье).

Электропроводка. Электропроводка представляет собой совокупность проводов и кабелей. По способу монтажа электропроводка подразделяется на открытую (по поверхности стен, потолков и другим строительным конструкциям), скрытую (внутри стен или перекрытий, в фундаментах, под полом по перекрытиям) и комбинированную (в кабель-каналах и лотках). При выборе кабельной продукции также учитывается класс помещения (по НПБ, ПУЭ) и степень возгораемости строительных материалов на которых монтируется проводка. В зависимости от этих факторов производится выбор марок проводов и кабелей для помещений.

Для надежности, долговечности и безопасности проводки главное определиться с выбором материала проводов и кабелей. В современном строительстве не рекомендуется использовать провода и кабели с жилами из алюминия, так как этот металл подвержен коррозии, со временем меняется его кристаллическая структура, а значит и электропроводящие свойства. Увеличение внутреннего сопротивления в итоге ведет к потерям электроэнергии, разогреву проводов и соединений. Медь по сравнению с алюминием имеет значительно более высокие качественные характеристики, поэтому при проведении электротехнических работ все чаще используют провода и кабели на основе меди.

Наиболее простым способом монтажа является открытая проводка. Она удобна тем, что любой ее участок легко доступен для ремонта и подключения новых токоприемников.

Недостатком этого способа является малая эстетичность и, в связи с этим, открытая проводка в современных помещениях используется очень редко.

Открытая проводка проводов по стораемым основаниям выполняется по слою листового асбеста. При открытой проводке выключатели и розетки устанавливаются на прикрепленных к стене пластмассовых подрозетниках.

Скрытая проводка наиболее распространена и безопасна в эксплуатации, так как расположена в толще несгораемого материала (отсутствуют

механические воздействия, доступ воздуха к ней затруднен). Основным недостатком - невозможность без вскрытия стен подключить новые токоприемники. Скрытые провода выводят на поверхность стен или перекрытий (для присоединения к токоприемникам) через изоляционные пластмассовые трубки.

Проводка в кабель-каналах (коробах, лотках) находится на стыке открытого и скрытого способа прокладки проводов. С одной стороны, сохраняются все преимущества открытой проводки, с другой стороны, проводка в кабель-каналах более безопасна и изящна. Кроме того, в кабель-канал при наличии разделительной перегородки вместе с электропроводкой можно уложить провода слаботочных систем (компьютерные сети, телевизионный кабель, телефонный провод и т.д.).

Электроустановочные изделия. Электроустановочные изделия - розетки, выключатели, выключатели с инфракрасным датчиком, переключатели, электрические соединители, патроны, регуляторы света, диммеры (электронные регуляторы) и прочее. Материалом для установочных изделий служит ударопрочный пластик или поликарбонат, рамочная конструкция электроустановочных изделий позволяет выполнить набор нескольких функционально различных устройств в едином блоке.

Освещение. Создание искусственного освещения помещений реализуется подбором светильников мощностью, достаточной для освещения помещения конкретной площади. Светильники представляют собой осветительную арматуру с установленной в нее лампой. Классификация светильников производится по нескольким характеристикам - по распределению светового потока, по углу излучения, по назначению светильника и по типу используемого в светильнике источника света (лампы). Наиболее широко применяются:

- лампы накаливания (свечение создается путем подогрева вольфрамовой спирали),
- люминесцентные лампы (газоразрядная лампа, свечение создается путем возбуждения слоя люминофора с помощью ультрафиолетового излучения, возникающего во время разряда),
- газоразрядные лампы (свечение создается непосредственно от электрического разряда в газе, парах металла или в их смеси),
- галогенные лампы (заполненная газом лампа накаливания с вольфрамовой нитью).

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

Регулируемый привод также позволяет:

- регулировать выходные параметры;
- осуществлять плавный пуск электродвигателя.

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

В асинхронных электрических двигателях возникает необходимость регулировки частоты вращения ротора. С этой целью используется частотно-регулируемый привод, основным элементом которого является частотный преобразователь. В его конструкцию входит мост постоянного тока, он же – выпрямитель, преобразующий промышленный переменный ток в постоянный. Другая важная деталь – инвертор, выполняющий обратное преобразование постоянного тока в переменный с необходимой частотой и амплитудой.

Принцип работы частотно регулируемого привода. Асинхронные двигатели широко применяются в промышленности и на транспорте, являясь основной движущей силой узлов, машин и механизмов. Они отличаются высокой надежностью и сравнительно легко поддаются ремонту. Однако данные устройства могут вращаться только на одной частоте, которую имеет питающая сеть переменного тока. Для работы в различных диапазонах используются специальные устройства – частотные преобразователи, выполняющие регулировку частот до требуемых параметров (рис.1).



Рисунок 1 – Частотные преобразователи

Работа преобразователей тесно связана с принципом действия асинхронного двигателя. Его статор состоит из трех обмоток к каждой из которых подведен электрический ток, создающий переменное магнитное поле. Под действием этого поля в роторе индуцируется ток, который также приводит к возникновению магнитного поля. В результате взаимодействия полей статора и ротора, начинается вращение ротора.

Когда асинхронный двигатель запускается, происходит значительное потребление тока от питающей сети. Из-за этого привод механизма испытывает значительную перегрузку. Наблюдается скачкообразное стремление двигателя достичь номинальных оборотов. В результате, снижается срок службы не только самого агрегата, но и тех устройств, которые он приводит в действие.

Данная проблема успешно решается путем использования частотно регулируемого привода, позволяющего изменять частоту напряжения, питающего двигатель. Применение современных электронных компонентов делает эти устройства малогабаритными и высокоэффективными.

Принцип работы частотного преобразователя достаточно простой (рис.2). Вначале осуществляется подача сетевого напряжения к выпрямителю, где происходит его трансформация в постоянный ток. Затем он сглаживается конденсаторами и поступает на транзисторный преобразователь. Его транзисторы в открытом состоянии обладают крайне малым сопротивлением. Их открытие и закрытие происходит в определенное время при помощи электронного управления. Происходит формирование напряжения, аналогичного трехфазному, когда фазы смещаются относительно друг друга. Импульсы имеют прямоугольную форму, однако это совершенно не влияет на работу двигателя.

Частотные преобразователи имеют большое значение при работе трехфазного электродвигателя в однофазной сети. При такой схеме

подключения необходимо использование фазосдвигающего конденсатора для создания вращающего момента. Эффективность агрегата заметно падает, однако частотный преобразователь увеличивает его производительность. Таким образом, применение частотно регулируемого электропривода делает управление трехфазными двигателями переменного тока более эффективным. В результате, улучшаются производственные технологические процессы, а энергоресурсы используются более рационально.

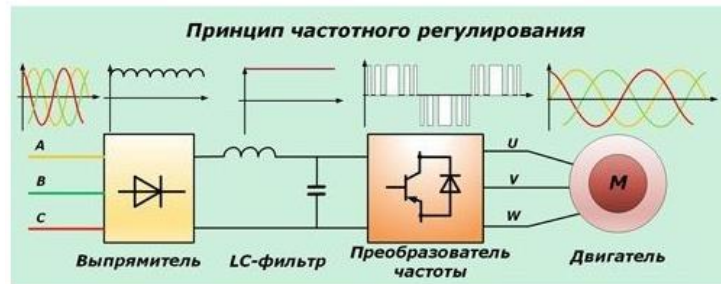


Рисунок 2 – Принцип частотного регулирования

Преимущества и недостатки устройств регулировки частоты. Данные регулировочные устройства обладают несомненными достоинствами и дают высокий экономический эффект. Они отличаются высокой точностью регулировок, обеспечивают пусковой момент равный максимальному. При необходимости электродвигатель может работать с неполной нагрузкой, что позволяет существенно экономить электроэнергию. Регулировщики частоты заметно продлевают срок эксплуатации оборудования. При плавном пуске двигателя, его износ становится намного меньше.

Частотно регулируемый привод поддается удаленной диагностике по промышленной сети. Это позволяет вести учет отработанных моточасов, распознавать выпадающие фазы во входных и выходных цепях, а также выявлять другие дефекты и неисправности.

К регулировочному устройству могут подключаться различные датчики, которые дают возможность настройки каких-либо величин, например, давления. Если сетевое напряжение неожиданно пропало, включается система управляемого торможения и автоматического перезапуска. Скорость вращения стабилизируется при изменяющейся нагрузке. Частотно регулируемый привод становится альтернативной заменой автоматического выключателя. В качестве основного недостатка следует отметить создание помех большинством моделей

таких устройств. Для обеспечения нормальной работы необходимо устанавливать фильтры высокочастотных помех (рис 3).



Рисунок 3 - Фильтр высокочастотных помех

Кроме того, повышенная мощность частотно регулируемых приводов значительно поднимает их стоимость, поэтому минимальный срок окупаемости составляет 1-2 года.

Применение регулировочных устройств. Частотно регулировочные устройства применяются во многих сферах – в промышленности и в быту. Ими оборудуются прокатные станы, конвейеры, резательные автоматы, вентиляторы, компрессоры, мешалки, бытовые стиральные машины и кондиционеры. Приводы хорошо зарекомендовали себя в городском троллейбусном транспорте. Использование частотно регулируемых приводов в станках с числовым программным управлением позволяет синхронизировать движения сразу в направлении многих осей.

Максимальный экономический эффект эти системы дают при их использовании в различном насосном оборудовании (рис. 4). Стандартное управление насосами любых типов заключается в регулировке дросселей, устанавливаемых в напорных линиях и определении числа действующих агрегатов. За счет этого удается получить определенные технические параметры, такие как давление в трубопроводе и другие.



Рисунок 4 – Насосное оборудование

Насосы имеют постоянную частоту вращения и не учитывают изменяющийся расход в результате переменного водопотребления. Даже в случае минимального расхода насосы будут поддерживать постоянную частоту вращения, приводя к созданию избыточного давления в сети и вызывая аварийные ситуации. Все это сопровождается значительным бесполезным расходом электроэнергии. В основном это происходит в ночное время при резком падении водопотребления.

С появлением частотно регулируемого привода появилась возможность поддержки постоянного давления непосредственно у потребителей. Данные системы хорошо зарекомендовали себя в совокупности с асинхронными двигателями общего назначения. Регулировка частоты позволяет изменять скорость вращения вала, делая ее более высокой или низкой по сравнению с номинальной. Датчик давления, установленный у потребителя, передает информацию на частотно регулируемый привод, который, в свою очередь, изменяет частоту, поступающую к двигателю.

Современные регулирующие устройства отличаются компактными размерами. Они размещаются в корпусе, защищенном от пыли и влаги. Благодаря удобному интерфейсу, приборы могут эксплуатироваться даже в наиболее сложных условиях, при широком диапазоне мощности – от 0,18 до 630 киловатт и напряжении 220/380 вольт.

1.2 Классификация систем электроснабжения и виды освещения

Классификация электрических сетей (ЭС) приведена на рисунке 5.



Рисунок 5- Классификация ЭС

По роду тока различают сети переменного и постоянного тока. Основное распространение получили сети трехфазного переменного тока. Однофазными выполняются внутриквартирные сети, как ответвление от трехфазной четырехпроводной сети.

Сети постоянного тока используются в промышленности (электрические печи, электролизные цеха) и для питания городского электротранспорта.

Постоянный ток используется для передачи энергии на большие расстояния. Но, на постоянном токе работает только ЛЭП: в начале и конце ЛЭП строятся преобразовательные подстанции, на которых происходит преобразование переменного тока в постоянный и обратно. Использование постоянного тока обеспечивает устойчивую параллельную работу генераторов ЭС. Также постоянный ток используется для организации связи электроэнергетических систем. При этом отклонение частоты в каждой системе практически не отражается на передаваемой мощности.

Существуют передачи пульсирующего тока. В них электроэнергия передается по общей линии одновременно переменным и постоянным токами. У такой передачи увеличивается пропускная способность по отношению к ЛЭП переменного тока и облегчается отбор мощности по сравнению с ЛЭП постоянного тока.

По напряжению согласно ГОСТ сети делятся на сети напряжением до 1000 В и сети напряжением выше 1000 В.

В литературе встречается и такое деление:

- сети низких напряжений (220 – 660 В);
- сети средних напряжений (6 – 35 кВ);
- сети высоких напряжений (110 – 220 кВ);
- сети сверхвысоких напряжений (330 – 750 кВ);
- сети ультравысоких напряжений (более 1000 кВ).

По конструктивному исполнению различают воздушные и кабельные сети, проводки и токопроводы.

Токопровод – это установка для передачи и распределения электроэнергии, которая используется на промышленных предприятиях[11]. Состоит из неизолированных или изолированных проводников, изоляторов, защитных оболочек и опорных конструкций.

По расположению сети делятся на *наружные* и *внутренние*. Наружные выполняются неизолированными (голыми) проводами и кабелями. Внутренние выполняются изолированными проводами.

По конфигурации сети делятся на *разомкнутые* и *замкнутые*. Разомкнутые сети питаются от одного источника питания и передают электроэнергию к потребителям только в одном направлении.

По характеру потребителей сети делятся на *городские*, *промышленные* и *сельские*.

По назначению в схеме электроснабжения сети делятся на *местные* и *районные*.

По режиму работы нейтрали сети делятся:

- на сети с изолированной нейтралью;
- на сети с компенсированной нейтралью;
- на сети с эффективно – заземленной нейтралью;
- на сети с глухозаземленной нейтралью.

Виды освещения. В зависимости от природы источника световой энергии различают естественное, искусственное и совмещенное освещения.

Естественное освещение подразделяют на:

- боковое (одно- или двустороннее), когда свет проникает в помещение через световые проемы в наружных стенах;
- верхнее, осуществляемое через фонари и световые проемы в кровле;
- верхнее и боковое, сочетающее верхнее и боковое освещения.

Совмещенное освещение применяют в помещениях с недостаточным естественным светом, который дополняется электрическими источниками света, работающими, как и в темное, так и в светлое время суток.

Искусственное (электрическое) освещение по характеру выполняемых задач делят на рабочее, аварийное, эвакуационное, охранное и дежурное.

Рабочее освещение устраивают во всех помещениях, а также на открытых территориях, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта.

Аварийное освещение предусматривают на случай, когда прекращение или нарушение нормального обслуживания оборудования вследствие выхода из строя рабочего освещения может вызвать пожар, взрыв или отравление людей. А также длительное нарушение технологического процесса, отказ в работе связи, тепло- или электроснабжения, канализации, опасность травмирования, нарушение нормального обслуживания больных.

Эвакуационное освещение (аварийное для эвакуации людей) выполняют в местах, опасных для передвижения людей, в основных проходах и на лестничных клетках зданий, в которых работает более 50 чел., или жилых

домов в пять этажей и выше, а также в помещениях, выход людей из которых при аварии освещения связан с опасностью травмирования.

Для аварийного и эвакуационного освещений разрешается использовать только лампы накаливания, а также люминесцентные лампы в помещениях с температурой воздуха не ниже $+ 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ при условии питания ламп напряжением не менее 90% номинального. Светильники аварийного освещения должны отличаться от осветительных приборов рабочего освещения.

Охранное освещение устраивают вдоль границы площадок предприятий, охраняемых в ночное время. При этом освещенность должна быть 0,5 лк на уровне земли в горизонтальной плоскости или в вертикальной плоскости на уровне 50 см от земли. При необходимости часть светильников любого вида освещения можно использовать для дежурного освещения.

Системы освещения. По конструктивному исполнению различают две системы электрического освещения — общее и комбинированное. При общем освещении (равномерном и локализованном) все рабочие места в помещении освещаются от общей осветительной установки. Если к общему освещению добавляют местное, сосредоточивающее световой поток непосредственно на рабочих местах, то такое освещение называют комбинированным.

Освещенность на рабочих поверхностях, создаваемая светильниками общего освещения в системе комбинированного, должна составлять 10% нормируемой. Эта величина, однако, не может быть менее 150 лк для газоразрядных и 50 лк для ламп накаливания. Одно местное освещение к применению не допускается, так как вызывает необходимость частой переадаптации, зрения, создает глубокие и резкие тени, опасность травмирования и другие неблагоприятные факторы.

2 Системы теплоснабжения и теплопотребления

Теплоснабжение - снабжение теплом жилых, общественных и промышленных зданий (сооружений) для обеспечения коммунально-бытовых (отопление, вентиляция, горячее водоснабжение) и технологических нужд потребителей [12]. Теплоснабжение включает в себя также подогрев водопроводной воды и воды в плавательных бассейнах, обогрев теплиц и т.д.

Тепло в современных системах централизованного теплоснабжения может транспортироваться на расстояние нескольких десятков км. Развитие систем теплоснабжения характеризуется повышением мощности источника тепла и единичных мощностей установленного оборудования. Тепловые мощности современных ТЭЦ достигают 2 - 4 Ткал/ч, районных котельных 300 - 500 Гкал/ч. В некоторых системах теплоснабжения осуществляется совместная работа нескольких источников тепла на общие тепловые сети, что повышает надёжность, манёвренность и экономичность теплоснабжения.

Нагретая в котельной вода может циркулировать непосредственно в системе отопления. Горячая вода нагревается в теплообменнике системы горячего водоснабжения (ГВС) до более низкой температуры, порядка 50-60 °С. Температура обратной воды может оказаться важным фактором защиты котла. Теплообменник не только передает тепло от одного контура другому, но и эффективно справляется с перепадом давлений, который существует между первым и вторым контурами.

Необходимая температура подогрева пола (30 °С) может быть получена путем регулирования температуры циркулирующей горячей воды. Перепад температур может быть также достигнут при использовании трехходового клапана, смешивающего в системе горячую воду с обратной.

Регулирование отпуска тепла в системах теплоснабжения (суточное, сезонное) осуществляется как в источнике тепла, так и в теплопотребляющих установках.

В водяных системах теплоснабжения обычно производится так называемое центральное качественное регулирование подачи тепла по основному виду тепловой нагрузки - отоплению или по сочетанию двух видов нагрузки - отопления и горячего водоснабжения. Оно заключается в изменении температуры теплоносителя, подаваемого от источника теплоснабжения в тепловую сеть, в соответствии с принятым температурным графиком (то есть зависимостью требуемой температуры воды в сети от температуры наружного

воздуха). Центральное качественное регулирование дополняется местным количественным в тепловых пунктах; последнее наиболее распространено при горячем водоснабжении и обычно осуществляется автоматически. В паровых системах теплоснабжения в основном производится местное количественное регулирование; давление пара в источнике теплоснабжения поддерживается постоянным, расход пара регулируется потребителями.

Системы децентрализованного теплоснабжения разделяются на индивидуальные и местные. В индивидуальных системах теплоснабжение каждого помещения (участок цеха, комната, квартира) обеспечивается от отдельного источника. К таким системам относятся печное и поквартирное отопление. В местных системах теплоснабжение каждого здания обеспечивается от отдельного источника теплоты, обычно от местной котельной.

2.1 Классификация систем теплоснабжения

При проектировании и эксплуатации систем теплоснабжения необходимо учитывать:

- вид теплоносителя (вода или пар);
- параметры теплоносителя (температура и давление);
- максимальный часовой расход тепла;
- изменение потребления тепла в течение суток (суточный график);
- годовой расход тепла;
- изменение потребления тепла в течение года (годовой график);
- характер использования теплоносителя у потребителей (непосредственный забор его из тепловой сети или только отбор тепла).

В зависимости от размещения источника теплоты по отношению к потребителям системы теплоснабжения разделяются на два вида:

- 1) централизованные;
- 2) децентрализованные.

Процесс централизованного теплоснабжения состоит из трех операций: подготовки, транспорта и использования теплоносителя.

Подготовка теплоносителя производится в специальных теплоподготовительных установках на ТЭЦ, а также в городских, районных, групповых (квартальных) или промышленных котельных. Транспортируется теплоноситель по тепловым сетям, а используется в теплоприемниках

потребителей. В системах централизованного теплоснабжения источник теплоты и теплоприемники потребителей размещены отдельно, часто на значительном расстоянии, поэтому передача теплоты от источника до потребителей производится по тепловым сетям.

В зависимости от степени централизации системы централизованного теплоснабжения можно разделить на следующие четыре группы:

- групповые (теплоснабжение группы зданий);
- районные (теплоснабжение нескольких групп зданий (района));
- городские (теплоснабжение нескольких районов);
- межгородские (теплоснабжение нескольких городов).

По виду теплоносителя системы централизованного теплоснабжения разделяют на водяные и паровые. Вода используется для удовлетворения сезонной нагрузки и нагрузки горячего водоснабжения (ГВС); пар – для промышленной технологической нагрузки.

В децентрализованных системах теплоснабжения источник теплоты и теплоприемники потребителей совмещены в одном агрегате или размещены столь близко, что передача теплоты от источника до теплоприемников может производиться без промежуточного звена – тепловой сети.

Снабжение теплом потребителей (систем отопления, вентиляции, на технологические процессы и горячее водоснабжение зданий) состоит из трёх взаимосвязанных процессов:

- сообщение тепла теплоносителю;
- транспорт теплоносителя;
- использование теплового потенциала теплоносителя.

В соответствии с этим, каждая система теплоснабжения состоит из трёх звеньев: источник тепла, трубопроводы системы теплопотребления, и нагревательные приборы.

Системы теплоснабжения классифицируются по следующим основным признакам:

- по мощности;
- по виду источника тепла;
- по виду теплоносителя.

По виду теплоносителя системы теплоснабжения делятся на две группы:

- водяные системы теплоснабжения;
- паровые системы теплоснабжения.

2.2 Системы ГВС и холодной воды

ГВС (система горячего водоснабжения) – совокупность устройств, обеспечивающих нагрев холодной воды и распределение ее по водоразборным приборам[13].

Воду нагревают в теплообменных аппаратах до температуры 60-75°C и с помощью насосов подают по трубопроводам в жилые, общественные и производственные здания на бытовые и технологические нужды. Вода в системах бытового и производственно-бытового система горячего водоснабжения должна быть питьевого качества. В точках водоразбора горячая вода должна иметь температуру не ниже 50°C. При пользовании ею потребитель может снижать ее температуру до требуемой, подмешивая к ней холодную воду в смесителях, установленных в местах водоразбора. Нормы расхода горячей воды для бытовых нужд зависят от назначения объекта. Для жилых и общественных зданий нормы расхода приведены в соответствующих строительных нормах и правилах, расход горячей воды на производственные нужды определяется требованиями технологии, процесса.

Система горячего водоснабжения включает в себя следующие элементы: теплогенератор, водоподогреватель или смесительную установку, подающий трубопровод, состоящий из магистрали и подающих водоразборных стояков циркуляционные магистрали и стояки циркуляционный насос водоразборную арматуру, приборы автоматического регулирования параметров и контроля расхода горячей воды.

По принципу приготовления горячей воды системы горячего водоснабжения делят на закрытые и открытые.

В закрытых ГВС, в водоподогревателях, поступающая из водопровода холодная вода нагревается. В таких системах во внутридомовые трубопроводы поступает горячая вода, содержащая растворенный кислород и соли жесткости. Установка деаэраторов в тепловых пунктах не распространяется из-за сложности их эксплуатации, но наличие кислорода приводит к коррозии внутренней поверхности труб, что не очень эффективно и рентабельно. Одно из достоинств закрытых систем горячего водоснабжения, это высокое качество горячей воды. А недостаток – значительная стоимость водоподогревательной установки.

В открытых ГВС используют теплоноситель, циркулирующий в системе теплоснабжения. В этой системе применяют автоматические смесители,

регулирующие отбор воды из подающего и обратного трубопроводов для получения горячей воды с нужной температурой, так как температуры воды в трубопроводах тепловой сети постоянны и зависят от температуры наружного воздуха,

Смесительная установка может предусматриваться в каждом здании (индивидуальная) или для группы зданий (групповая) в центральном тепловом пункте. Подача горячей воды в верхние водоразборные приборы с необходимым напором на излив происходит за счет избыточного давления в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети в точке присоединения к зданию. Напор в обратном трубопроводе должен быть больше высоты присоединяемого здания на величину свободного напора на излив.

Отбор воды из трубопроводов на горячее водоснабжение компенсируется соответствующей подпиткой из источников теплоты. В открытых системах на нужды водоснабжения поступает вода не лучшего санитарного качества, чем в закрытых системах, т.к. проходя через системы отопления, вода приобретает посторонний запах и цвет. Но коррозия внутренней поверхности труб минимальная, так как вода проходит химическое очищение, деаэрацию. Из-за отсутствия водоподогревателей стоимость открытых систем ГВС. меньше стоимости закрытых.

В зависимости от тепловой мощности и места расположения установки для приготовления горячей воды различаются центральные и децентрализованные системы ГВС. Стоимость первых больше из-за значительной протяженности трубопроводов, транспортирующих горячую воду к водоразборным приборам, но при этом выше и уровень комфортности жилища, т.к. при децентрализованном горячем водоснабжении эксплуатация установок осуществляется жильцами.

ХВС (система холодного водоснабжения) – комплекс взаимосвязанных сооружений, обеспечивающий подачу воды потребителям, включающий водозаборные сооружения, насосные станции, сооружения по улучшению качества воды, регулирующие и запасные емкости, водоводы, водопроводящую сеть труб и охладители воды[13]. В зависимости от назначения и местных условий некоторые из перечисленных сооружений в системах могут отсутствовать.

Система оборотного холодного водоснабжения может быть охлаждающей или технологической. В первой вода используется для охлаждения газообразных и жидких технологии, продуктов или

технологического оборудования. При этом вода нагревается, поступает в градирни, пруды или бассейны, где охлаждается и возвращается в систему. Обычно часть воды сбрасывается в водоем путем продувки ХВС.

При большом расстоянии между системы холодного водоснабжения, их разделяют на зоны, устройство которых позволяет снизить излишне высокие напоры воды у потребителей, расположенных в пониженных местах территории, и уменьшить расход электроэнергии, затрачиваемой на подъем воды. Зонирование может быть осуществлено по параллельным или последовательным схемам. При параллельной схеме, предусматривают единую насосную станцию с насосами, обеспечивающими разные напоры для обслуживания отдельных зон. При последовательной – насосные станции для каждой зоны. При этой схеме протяженность водоводов и масса труб меньше, чем при параллельном.

Основное преимущество системы прямоточного водоснабжения – ее простота(по сравнению с оборотного). В ней отсутствуют охладители воды, насосные станции оборотной воды, дополнительные сети труб и другие сооружения. Если нет необходимости в очистке производственной отработавшей воды, то вся ХВС будет состоять из насосной станции и системы подающих и отводящих трубопроводов.

Преимущество системы оборотного водоснабжения состоит в том, что из источника подается значительно меньшее количество воды, (чем при прямоточной). Это количество воды должно лишь компенсировать ее потери от испарения и уноса капель ветром из охладителей и расход воды на продувку ХВС, которое зависит от качества добавляемой воды и способа ее обработки.

При оборотном водоснабжении диаметр водоводов, а, следовательно, и их стоимость, значительно уменьшаются, снижаются размеры и стоимость водозаборных сооружений и насосных станций первого подъема, расход энергии, необходимой для подачи воды на территорию предприятия, появляется возможность использовать для производственного водоснабжения источники с небольшим дебитом воды, заметно уменьшается стоимость очистных сооружений для добавочной воды.

При оборотной системе в водоем сбрасывается гораздо меньше отработавшей воды, чем при прямоточной. В связи с этим облегчается задача охраны водоемов от загрязнения сточными водами, уменьшаются размеры и стоимость очистных сооружений и трубопроводов, отводящих отработавшую и очищенную воду.

Система горячего водоснабжения включает в себя следующие элементы: теплогенератор, водоподогреватель или смесительную установку, подающий трубопровод, состоящий из магистрали и подающих водоразборных стояков циркуляционные магистрали и стояки циркуляционный насос водоразборную арматуру, приборы автоматического регулирования параметров и контроля расхода горячей воды.

Системы горячего водоснабжения подразделяются по ряду признаков. Классификация систем горячего водоснабжения представлена в таблице 1.

Таблица 1 Классификация системы ГВС

| № | Признаки | Виды |
|---|--|---|
| 1 | По месту выработки горячей воды | Местные |
| | | Централизованные |
| 2 | По характеру использования сетевой воды | Система непосредственного водоразбора (открытая) |
| | | Система с водонагревателем (закрытая) |
| 3 | По источнику давления обеспечивающему работу СГВ | Системы, работающие под давлением т/сети |
| | | Системы, работающие под давлением холодного водопровода |
| | | Насосные системы |
| | | Работающие под давлением от баков-аккумуляторов |
| 4 | По разводке | С верхней разводкой |
| | | С нижней разводкой |
| 5 | По наличию и способу обеспечения циркуляции | Без циркуляции |
| | | С естественной циркуляцией |
| | | С искусственной циркуляцией |
| 6 | По наличию и расположению баков-аккумуляторов | Без баков-аккумуляторов |
| | | Системы с верхними баками |
| | | Системы с нижними баками |
| 7 | По видам потребления | Бытовое. |
| | | В общественных зданиях |
| | | Коммунально-бытовое. |
| | | Промышленное (технологическое). |

По радиусу и сфере действия они делятся на местные и централизованные.

Местные системы устраиваются для одного или группы небольших зданий, где вода нагревается непосредственно у потребителя. Примером

местных систем горячего водоснабжения может служить подогрев воды в газовых водонагревателях проточного типа или емкостных автоматических водонагревателях АГВ, установленных в квартирах.

Местные установки используются при отсутствии источников централизованного снабжения теплотой. К положительным сторонам местных установок следует отнести: автономность работы; малые теплотери; независимость сроков ремонта каждой в отдельности от сроков ремонта общих устройств.

Централизованные системы горячего водоснабжения (ЦСГВ) связаны с развитием мощных источников теплоты (с появлением районных котельных, систем теплоснабжения).

Возникновение ЦСГВ сопутствовало развитию районных систем теплоснабжения для отопления зданий. Для потребителей централизованные системы горячего водоснабжения более просты и гигиеничны. Получение горячей воды потребителям доступней, чем при подогреве воды в местных установках. Однако центральные системы горячего водоснабжения имеют ряд недостатков, а именно:

- необходима сложная служба эксплуатации городского теплоснабжения;

- требуется значительно более высокая культура технического обслуживания трубопроводных систем, работающих при высоких давлениях и высоких температурах;

- транспортировка теплоносителя на большие расстояния сопровождается большими теплотерями;

В зависимости от источников теплоты системы ЦСГВ могут использовать:

- закрытые или открытые тепловые сети (сети ТЭЦ или районных котельных), где теплоносителем является перегретая вода;

- паропроводы; особенно часто встречаются случаи использования вторичного (сбросного) пара на промпредприятиях.

Открытые тепловые сети предусматривают непосредственное смешение сетевой воды с нагреваемой в смесительных устройствах, в которых нагреваемая вода вступает в непосредственный контакт с теплоносителем.

Закрытые тепловые сети предусматривают нагрев воды через поверхности, где теплоноситель (пар или перегретая вода) и нагреваемая вода не соприкасаются, а теплота передается через поверхность теплообмена.

В зависимости от способов получения воды и обеспечения напоров в сети от системы холодного водопровода системы горячего водоснабжения также, в свою очередь, делятся на открытые и закрытые.

В открытых системах вода поступает из промежуточного резервуара через поплавковые клапаны. Давление в этих системах определяется высотой их расположения.

Закрытые системы горячего водоснабжения питаются водой непосредственно от холодного водопровода и находятся под давлением насосов его системы.

В зависимости от способа аккумуляции теплоты на горячее водоснабжение различают системы, имеющие дополнительные емкости - аккумуляторы теплоты, и системы, не имеющие аккумуляторов.

Для сглаживания колебаний потребления горячей воды при неравномерном режиме используются дополнительные емкости - аккумуляторы теплоты. Они обеспечивают равномерную работу водонагревателей и устраняют резкие колебания температуры нагреваемой воды.

По способу циркуляции различают системы:

- с искусственной (принудительной) - циркуляцией насосами;
- с естественной - циркуляцией за счет разности плотностей холодной и горячей воды;
- со смешанной циркуляцией.

ХВС классифицируют по различным признакам:

- по виду источника водоснабжения. Питающиеся поверхностными (реки, озера, водохранилища, моря) или подземными (артезианские, грунтовые или родниковые воды) водами;
- по территориальному охвату потребителей. Местные, предусматривающие обеспечение водой отдельных объектов, и сельскохозяйственные групповые или районные, обслуживающие разнородные промышленные предприятия, города, поселки;
- по назначению или видам потребителей. Хозяйственно-питьевые, производственные, противопожарные, железнодорожные, поливочные;
- по способу подачи воды. Самотечные и нагнетательные, в которых вода подается насосами;

- по кратности использования подаваемой воды. Прямоточные, в которых техническая отработавшая вода после обработки, очистки и иногда охлаждения сбрасывается в водоем повторного использования.

2.3 Типовые энергосберегающие мероприятия энергетических систем

Исходя из анализа энергетических систем, приведённых выше, разработана классификационная структура энергетических систем, применяемых для данных систем и представлена в таблицах 2 – 5. А также показаны энергосберегающих мероприятий для этой структуры, приведенных в первой главе, и примерной экономии энергоресурсов, при использовании существующих энергосберегающих мероприятий.

Данная структура позволяет классифицировать энергетические системы и показать энергосберегающие мероприятия с примерной экономией энергоресурсов, что позволит упростить работу проведения энергетического обследования (энергоаудита). Так как, в работу энергоаудита входит определение уровня эффективности использования энергоресурсов, и разработка рекомендаций по снижению энергетических расходов. Обязательным итогом энергетического обследования предприятия является выдача рекомендаций по оптимизации технологии производства и потребления энергоресурсов с точки зрения повышения энергетической эффективности предприятия.

Таблица 2 – Системы электроснабжения и энергосберегающие типовые мероприятия

| СЭС | | Сеть | Напряжение | Режим работы нейтралей | Энергосберегающие мероприятия | Экономия |
|--------------------------|--|-----------------------|----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|
| | | Городское потребление | Переменный ток | До 1000 В. | Сети с глухозаземленной нейтралью | 1. Поддержание номинальных значений напряжения в сетях 2. Увеличение коэффициентов загрузки электроприемников и ограничение их холостого хода 3. Оснащение систем электроснабжения системами мониторинга 4. Замена электромашинных преобразователей электроэнергии на полупроводниковые 5. Применение частотно-регулируемых приводов для насосов, вентиляторов и компрессоров |
| Свыше 1000 В. | | | | Сети с изолированной нейтралью | | |
| | | | | Сети с компенсированной нейтралью | | |
| Промышленное потребление | | До 1000 В. | | Сети с глухозаземленной нейтралью | | |
| | | Свыше 1000 В. | | Сети с изолированной нейтралью | | |
| | | | | Сети с компенсированной нейтралью | | |
| Сельское потребление | | До 1000 В. | | Сети с глухозаземленной нейтралью | | |
| | | Свыше 1000 В. | | Сети с изолированной нейтралью | | |
| | | | | Сети с компенсированной нейтралью | | |

Таблица 3 – Системы освещения и энергосберегающие типовые мероприятия

| | Виды | Подразделения | Энергосберегающие мероприятия | Годовая экономия | |
|--------------------------|--------------------------------|---|--|------------------|-----------|
| Система освещения | Естественное освещение | Боковое | 1. Замена ламп накаливания газоразрядными типа ДРЛ, ДРИ, люминесцентными сокращает расход электроэнергии в 2,5 – 3 раза для получения той же освещенности | 60 – 66 % | |
| | | Верхнее | | | |
| | | Обобщённое | | | 20 – 80 % |
| | Искусственное освещение | Рабочее | 2. Переход на светильники с эффективными разрядными - использование энергоэкономичных ЛЛ - использование КЛЛ (при прямой замене ЛН) - замена ЛН на ЛЛ - замена ЛН на МГЛ - замена ЛН на НЛВД - замена ЛЛ на МГЛ - замена ДРЛ на МГЛ - переход от ламп ДРЛ на лампы ДнаТ - замена ДРЛ на НЛВД - улучшение стабильности характеристик ламп (снижение коэффициента запаса) - замена электромагнитных ПРА с пониженными потерями для ЛЛ повышает светоотдачу комплекта на 6 – 26 % - применение электронных ПРА повышает светоотдачу комплекта на 14 – 55 % | 10 – 15 % | |
| | | Аварийное | | 75 – 80 % | |
| | | Эвакуационное | | 40 – 54 % | |
| | | Охранное | | 54 – 65 % | |
| | | Дежурное | | 57 – 71 % | |
| | Совмещенное освещение | В темное время суток | | 20 – 23 % | |
| | | | | 30 – 40 % | |
| | | В светлое время суток | | 50 % | |
| | | | | 38 – 50 % | |
| | | 20 – 30 % | | | |
| | | 30 – 40 % | | | |
| | | 70 % | | | |
| | | 20 – 65 | | | |
| | | 25 – 45 % | | | |
| | | До 25 – 30 % | | | |
| | | 5. Автоматическое поддержание заданного уровня освещённости с помощью частотных регуляторов питания люминесцентных ламп | | | |

Таблица 4 – Системы теплоснабжения и энергосберегающие типовые мероприятия

| | | | | Энергосберегающие мероприятия | Экономи я |
|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------|------------------|--|--|
| Система теплоснабжения | Централизованные системы | Групповые | Источник и тепла | 1. Перевод системы отопления на дежурный режим в нерабочее время, праздничные и выходные дни 2. Внедрение пофасадного регулирования системы отопления 3. Установка регуляторов температуры теплоносителя на системы отопления 4. Установка теплоотражателя, представляющего собой теплоизоляционную прокладку с отражающим слоем, между отопительным прибором и стенкой 5. Установка конденсатоотводчиков увеличивает КПД пароиспользующего оборудования за счет уменьшения доли пролетного пара 6. Замена трубчатых теплообменников на пластинчатые, и использование энергоэффективных радиаторов 7. Использование пара вторичного вскипания в условиях открытых систем сбора конденсата 8. Использование горячей воды, сливаемой с охладительных устройств печей, теплообменных аппаратов, компрессоров и другого оборудования 9. Утилизация отработанного пара в поверхностных теплообменниках (при условии загрязнения конденсата) или в смешивающем подогревателе 10. Перевод отопительной системы, использующей в качестве теплоносителя пар, на горячую воду | 10 – 15 % 2 – 3 % |
| | | Районные | Водяные системы | | Около 15 % |
| | | Городские | Паровые системы | | 2 – 3 % |
| | | Межгородские | | | 5 – 10 % |
| | Децентрализованные системы | | | | 5 – 10 % 5 – 8 % 3 – 5 % 1 – 2 % 20 – 30 % |

Таблица 5 – Системы ГВС, холодной воды и энергосберегающие типовые мероприятия

| Система ГВС и холодной воды | ГВС | Потребление | Выработка | Циркуляция | Энергомероприятия | Экономия |
|-----------------------------|--------------|------------------------|-----------------------|---|---|--------------|
| | | Бытовое | Местное | Безциркуляции | 1. Составление руководств по эксплуатации, управлению и обслуживанию систем ГВС и периодический контроль со стороны руководства учреждения за их выполнением 2. Оснащение систем ГВС счетчиками расхода горячей воды 3. Снижение потребления за счет оптимизации расходов и регулирования температуры 4. Своевременное устранение утечек | 5 – 10 % |
| | | В общественных зданиях | | | | 10 – 20 % |
| | | Коммунально-бытовое | | | | 10 – 20 % |
| | Промышленное | Централизованное | С естественной | 5 – 10 % | | |
| | ХВС | Территория | Источники | Потребители | Энергомероприятия | Экономия |
| | | Местные | Питающие Подземные | Хозяйственно-питьевые Производственные Противопожарные Железнодорожные поливочные | 1. Установка счетчиков расхода воды 2. Внедрение оборотного водоснабжения снижает потребление свежей воды, позволяет экономить электрическую энергию | До 20 % |
| | | Районные | | | | До 15 – 20 % |

В работе энергоаудита входит определение уровня эффективности использования энергоресурсов, и разработка рекомендаций по снижению энергетических расходов. Обязательным итогом энергетического обследования предприятия является выдача рекомендаций по оптимизации технологии производства и потребления энергоресурсов с точки зрения повышения энергетической эффективности предприятия.

Данная разработанная классификация позволять выделить структуры энергетических систем, что упрощает работу при энергетическом обследовании.

В приведенных выше таблицах, приведена данная структура с энергосберегающими мероприятиями, которые могут являться рекомендацией по оптимизации технологии производства и потребления энергоресурсов. А также в таблице приведены значения годового экономического эффекта от внедрения данных мероприятий (данные СРО НП «Союз энергоаудитов»).

3 Методические рекомендации по оценке эффективности энергосберегающих мероприятий

Уполномоченный федеральный орган исполнительной власти должен устанавливать порядок определения объема снижения потребляемых ресурсов в сопоставимых условиях. Для этого требования необходимо постоянно проводить работу по реализации мероприятий, позволяющих более эффективно использовать различные энергетические ресурсы. В связи с этим, Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении...» предусматривает обязанность организаций с участием государства или муниципального образования утверждать и реализовывать программы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности [1].

Программы должны содержать результаты, включая экономический эффект от внедрения этих мероприятий (в натуральном и стоимостном выражении). Выбор наиболее эффективных (окупаемых) мероприятий по энергосбережению в целом представляет собой инженерную задачу, как на этапе проектирования объекта, системы, установки, так и на этапе их реконструкции или модернизации. Отдельно следует отметить мероприятия, внедрение которых не потребует установки энергосберегающего оборудования.

Достоинством, данных методических рекомендаций, является то, что расчеты экономической эффективности показаны на примере конкретных мероприятий по энергосбережению, что, несомненно, окажет помощь энергоаудитам в их профессиональной деятельности. В методике отражены основанные показатели оценки эффективности реализации мероприятий, алгоритмы их расчета, а также условия применения.

3.1 Показатели оценки эффективности от реализации мероприятий по энергосбережению

Эффективность – это категория, которая характеризуемая системой показателей, отражающих соотношение затрат и результатов применительно к интересам соответствующего учреждения [14].

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

- экономия энергетических ресурсов в натуральном и стоимостном выражении;
- сокращение удельного потребления энергетических ресурсов;

- обеспечение приборами учета по всем видам энергетических ресурсов;

- сокращение расходов на оплату энергетических ресурсов и коммунальных услуг.

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

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

Необходимо конкретизировать последовательность и условия применения показателей, для обоснования лучшего выбора на основе сопоставления финансовых затрат на реализацию мероприятий и для эффекта в виде экономии энергетических ресурсов при их обращении (производстве, транспорте, потреблении).

В данной методике представлены способы расчета следующих показателей:

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

3.2 Методика расчета оценки срока окупаемости мероприятия

Для оценки инвестиционной привлекательности мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности нужно использовать такой критерий, как срок окупаемости.

Срок окупаемости (англ. Pay-Back Period) – период времени, необходимый для того, чтобы доходы, генерируемые инвестициями, покрыли затраты на инвестиции [15].

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

Простой срок окупаемости определяется по следующей формуле:

$$DP = Inv/Et, \quad (1)$$

где Et – денежные поступления от реализации проекта (на этапе t);
 Inv – инвестиции (капитальные вложения) в проект.

3.3 Методика расчёта эффективности мероприятия «Замена ламп накаливания на компактные люминесцентные лампы»

Описание мероприятия. Использование ламп накаливания для освещения помещений приводит к значительному расходу электрической энергии (по сравнению с люминесцентными или светодиодными лампами). Люминесцентные или светодиодные лампы, потребляют в 4-9 раз меньше электроэнергии. Соответствие мощностей ламп накаливания и компактных люминесцентных ламп приведено на рисунке 54.

Срок службы люминесцентных ламп в 2-3 раза больше, чем у ламп накаливания.



Рисунок 54 – Соответствие мощностей ламп накаливания и компактных люминесцентных ламп

Пошаговая методика расчёта. **Шаг 1.** Расчетное потребление электроэнергии на освещение помещений с временным пребыванием людей составляет, кВт*ч:

$$W_{лн} = N * P_{лн} * \tau * z * 10^{-3}, \quad (2)$$

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

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

τ [ч] – время работы системы освещения;

z – число рабочих дней в году.

А также, установка датчиков движения позволит сократить число часов работы системы освещения до 1-2 часов. Замена ламп накаливания на компактные люминесцентные лампы позволит снизить использование электроэнергии на работу осветительных установок.

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

$$W_{клл} = N * P_{клл} * \tau_{\alpha} * z * 10^{-3} , \quad (3)$$

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

τ_{α} [ч] – время работы системы освещения после установки датчиков движения и присутствия [14].

Шаг 3. Экономия электроэнергии при внедрении мероприятий рассчитываем по формуле [кВт*ч]:

$$\Delta W = W_{лн} - W_{клл}. \quad (4)$$

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

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta W * T_{\mathcal{E}\mathcal{E}} * 10^{-3} , \quad (5)$$

где $T_{\mathcal{E}\mathcal{E}}$ [руб./кВт*ч] – тариф на электрическую энергию.

3.4 Методика расчёта эффективности мероприятия «Установка частотно-регулируемого привода» для одного насоса (вентилятора)

Описание мероприятия. По статистике, на долю электропривода приходится 30-40%, в общем балансе электропотребления страны [15]. Соответственно, здесь нужно уделять больше внимания на экономию электроэнергии. Нерациональные потери в электроприводе вызваны, главным образом, несоответствием его параметров, требуемым.

Регулируемый привод также позволяет:

- регулировать выходные параметры;
- осуществлять плавный пуск электродвигателя.

Современные преобразователи частоты (ПЧ) содержат регулятор технологического процесса, которого достаточно для стабилизации выходного показателя системы (давления, температуры и др.). Если же частотно-регулируемый привод (ЧРП) включён в систему управления

более высокого уровня, то обеспечивается и более сложное управление необходимым параметром.

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

$$P_{нас} = (2,72 * G * H * \rho * 10^{-3}) / (\eta_{мех} * \eta_{эл.прив}), \quad (6)$$

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

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

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

$\eta_{мех}$, $\eta_{эл.прив}$ – КПД механический и электрического привода соответственно. При работе от ПЧ уменьшаются магнитные потери в двигателе и изменяются электрические потери [14]. Но поскольку оценить изменение электрических потерь сложно (зависят от законов регулирования технологического параметра и преобразователя), целесообразно считать и при работе с ПЧ КПД электродвигателя постоянным и равным номинальному, а при отсутствии данных по конкретному типу ПЧ принимать $\eta_{преоб} = 0,98$.

Для газодувных машин:

$$P_{гдм} = (2,72 * V * H * 10^{-3}) / (\eta_{мех} * \eta_{эл.прив}) \quad (7)$$

где V [м³/ч] – объемный расход газа.

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

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

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

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

Шаг 2. Влияние ЧРП на КПД насоса качественно иллюстрирует рисунок 2. В первом режиме работы с подачей G_1 , напором H_1 или КПД η_1 , соотношения между которыми определяются заводскими (каталожными) характеристиками $H_0(G_0)$, $\eta(G_0)$, давление после нерегулируемого насоса снижается в дросселирующем устройстве до $H_{\text{треб1}}$ [15].

После установки преобразователя частоты рабочая точка G_1 , $H_{\text{треб1}}$ по теории подобия перемещается на характеристику $H_f(G_f)$ по параболе, проходящей через начало координат. КПД при этом определяется величиной G_{01} и равен $\eta_{\text{пч1}}$, который больше η_1 . Аналогично для режима 2 с подачей, превышающей номинальную, на рисунке 6 показано, что после установки ПЧ КПД уменьшается с η_2 до $\eta_{\text{пч2}}$. Поскольку, как правило, приводимые механизмы работают без превышения номинальных расходов, установка ЧРП приводит к повышению КПД.

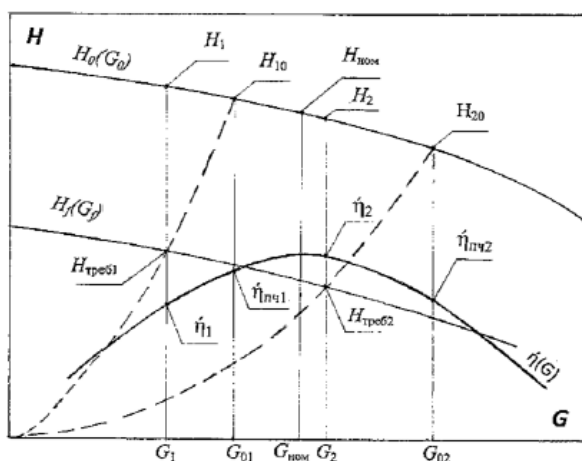


Рисунок 6 – Графические построения для определения КПД регулируемого насоса по его характеристикам

Определить количественные изменения КПД при переходе на работу с регулируемым приводом можно графически, как показано на рисунке выше. Но такие достаточно громоздкие построения уместны в проекте установки конкретного ПЧ. Для энергоаудита целесообразно пользоваться приведённой ниже упрощённой методикой.

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

$$\frac{\Delta P}{P_0} = \frac{P_{\text{пч}} - P_0}{P_0} = 1,02 * \frac{\frac{H_{\text{пч}}}{\eta_{\text{пч}}}}{\frac{H_0}{\eta_0}} - 1, \quad (8)$$

Следовательно, величина относительного изменения мощности равна увеличенному в 1,02 раза частному от деления относительного изменения

напора $H_{пч}/H_0$ на относительное изменение КПД $\eta_{пч}/\eta_0$ минус единица. Если при расчёте учитывать не обобщённый КПД преобразователя частоты 0,98, а фактический для известного типа, следует заменить коэффициент 1,02 на действительную величину $1/\eta_{преобр}$.

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

При сложностях с измерением расхода можно воспользоваться заводскими характеристиками, определяя по ним и измеренной мощности P_0 расход G_0 и КПД η_0 (по характеристике насоса графически определять расход по напору не следует, так как получается очень большая погрешность).

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

$$H = H_{G=0} - (H_{G=0} - H_{ном}) * (G/G_{ном})^2, \quad (9)$$

$$\eta = \eta_{ном} - (\eta_{ном}/G^2) * (G/G_{ном})^2 = \eta_{ном} * (1 - (G/G_{ном} - 1)^2), \quad (10)$$

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

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

$$H_{G=0} = \frac{H_{обсл} - H_{ном} * \left(\frac{G_{обсл}}{G_{ном}}\right)^2}{\left(1 - \frac{G_{обсл}}{G_{ном}}\right)^2}, \quad (11)$$

Из выражений (9), (10) следует:

$$\frac{G}{G_{ном}} = \sqrt{\frac{H_{G=0} - H}{H_{G=0} - H_{ном}}}, \quad (12)$$

$$\eta/\eta_{ном} = 1 - (G/G_{ном} - 1)^2, \quad (13)$$

При регулировании частоты вращения механизма КПД определяется расчетным расходом $G_{расч}$, находящемся на пересечении заводской

характеристики $H(G)$ и параболы, проходящей через начало координат и точку $G_{пч}, H_{пч}$

$$H = H_{пч} * G^2 / G_{пч}^2, \quad (14)$$

Приравниванием правые части выражений (9) и (14) получаем:

$$G_{расч} = \sqrt{\frac{H_{G=0}}{\frac{H_{пч}}{G_{пч}^2} + \frac{H_{G=0} - H_{ном}}{G_{ном}^2}}} \quad (15)$$

или

$$\frac{G_{расч}}{G_{ном}} = \sqrt{\frac{H_{G=0}}{H_{пч} * \frac{G_{ном}^2}{G_{пч}^2} + H_{G=0} - H_{ном}}}, \quad (16)$$

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

$$H = H_{max} + ((H_{ном} - H_{max}) * (V - V_{Hmax})^2 / (V_{Hmax} - V_{ном})^2), \quad (17)$$

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

Соответственно вместо формул для насосов для ГДМ $V_{расч}$ вычисляется по формуле:

$$V_{расч} = \alpha * \frac{V_{Hmax}}{\alpha - b} + \sqrt{\left(\frac{\alpha * V_{Hmax}}{\alpha - b}\right)^2 - \frac{H_{max} + \alpha * V_{Hmax}}{\alpha - b}}, \quad (18)$$

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

$b = H_{пч} / V_{пч}^2$.

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

Снижение электропотребления за год от регулирования электропривода

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta P_1 * T_1 + \Delta P_2 * T_2 + \dots + \Delta P_n * T_n, \text{ кВт*ч}, \quad (19)$$

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

Стоимость сэкономленной электроэнергии рассчитывается по установленным для потребителя тарифам.

Шаг 4. Тогда годовая экономия в денежном выражении составит:

$$\mathcal{E} = \Delta \mathcal{E} \cdot T, \text{ руб.} \quad (20)$$

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

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

T [руб/кВт·ч] – тариф на электрическую энергию.

3.5 Методика расчёта эффективности мероприятия «Применение автоматических сенсорных смесителей»

Описание мероприятия. Эффективным энергосберегающим мероприятием является установка автоматических сенсорных смесителей, так как, позволяет сэкономить до 50% горячей и холодной воды. Экономический эффект достигается благодаря значительному сокращению времени протекания воды.

Автоматические сенсорные смесители (рис. 7) служат для автоматического включения и отключения подачи воды к мойкам и раковинам, а также для термостатического регулирования ее температуры. Главное отличие сенсорные смесители от обычных смесителей, это отсутствие вентилей для регулировки воды.

Экономически оправданное их применение, в общественных зданиях, а также 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 7 – Автоматический сенсорный смеситель с термостатическим клапаном

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

Пошаговая методика расчета. **Шаг 1.** Годовое сокращение потерь воды с установленным автоматическим сенсорным смесителем определяется, м³:

$$\Delta V = K_{eff} * V_n, \quad (21)$$

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

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

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

$$\mathcal{E} = \Delta V_g * T_{гор} + \Delta V_x * T_{хол}, \quad (22)$$

где ΔV_g [м³] – годовая экономия горячей воды;

ΔV_x [м³] – годовая экономия холодной воды;

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

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

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

$$C_{\Sigma} = N_{смес} * C_1, \quad (23)$$

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

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

3.6 Методика расчёта эффективности мероприятия «Улучшение теплозащитных свойств ограждающих конструкций здания (кровля)»

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

Приведенное сопротивление теплопередаче отдельных элементов ограждающих конструкций здания является одним из нормируемых показателей тепловой защиты здания. Нормативные значения устанавливаются в зависимости от градусо-суток отопительного периода и представлены в таблице 6.

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.

Таблица 7. Влажностный режим внутри помещений

| Режим | Влажность внутреннего воздуха, %при температуре | | |
|------------|---|---------------|-------------|
| | До 12°С | От 12 до 24°С | Выше 24°С |
| Сухой | До 60 | До 60 | До 60 |
| Нормальный | От 60 до 75 | От 50 до 60 | От 40 до 50 |
| Влажный | Свыше 75 | От 60 до 71 | Свыше 75 |
| Мокрый | | Свыше 75 | |

Существуют два основных типа кровель: плоские (рисунке 8) и скатные (рисунке 9). Структура кровли обоих типов включает в себя несущие конструкции и кровельный пирог. В ходе утепления кровли, как правило, весь кровельный пирог подлежит замене.

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

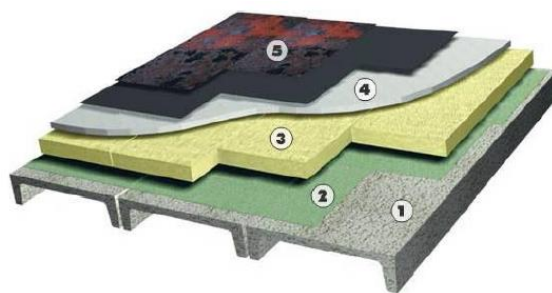


Рисунок 8– Структура плоской кровли: 1 – плиты покрытия; 2 – слой пароизоляции; 3 – слой утеплителя; 4 – железобетонная стяжка; 5 – слой гидроизоляции (рулонной или наплавляемой)

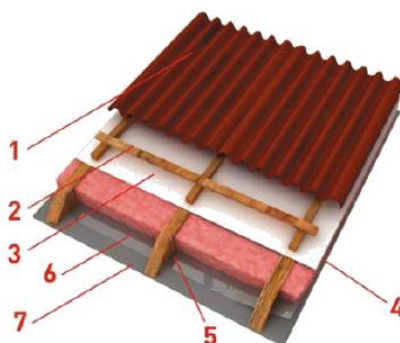


Рисунок 9 – Структура скатной кровли: 1 – черепица или другой кровельный материал; 2 – шаговая (поперечная) обрешетка; 3 – ветро- и влагозащитная мембрана; 4 – слой утеплителя; 5 – стропила; 6 – слой пароизоляции; 7 – слой внутренней отделки

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.

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

$$Q = (t_{в} - t_{нар}^{cp}) * \frac{F}{R}, \quad (24)$$

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

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

F [м²] – площадь кровли;

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

$$R = \frac{1}{\alpha_{\text{внутр}}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{\text{нар}}}, \quad (25)$$

где $\alpha_{\text{внутр}}$ [$\text{Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°C}$] - коэффициент теплоотдачи от внутреннего воздуха к кровле (см. таблица 8);

δ [м] – толщина теплоизоляционного слоя;

λ [$\text{Вт} / \text{м} \cdot \text{°C}$] - коэффициент теплопроводности теплоизоляционного слоя;

$\alpha_{\text{нар}}$ [$\text{Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°C}$] - коэффициент теплоотдачи от кровли в окружающей среде (см. таблица 9).

Таблица 8 Коэффициент теплоотдачи от внутреннего воздуха к внутренней поверхности ограждающей конструкции

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

Таблица 9 – Коэффициент теплоотдачи от внешней поверхности ограждающей конструкции к окружающей среде

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

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

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

$$\Delta Q = (Q_1 - Q_2) \cdot n \cdot C, \quad (26)$$

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

n [час] – длительность отопительного периода,

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

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

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta Q \cdot T_{т.э.}, \quad (27)$$

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

4 Расчет годовой экономии от внедрения мероприятий в денежном выражении

4.1 Порядок расчета эффекта от мероприятия в натуральном и денежном выражении в сопоставимых условиях

С целью уменьшения объемов потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) и воды реализуются мероприятия по энергосбережению и по повышению энергетической эффективности.

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

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

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

1. Мероприятия по уменьшению потерь (замена окон на энергосберегающие пластиковые или ремонт тамбуров в зданиях).
2. Мероприятия по уменьшению потребления ресурсов (оптимизация расписания для уменьшения потребления электрической энергии на цели освещения, установка индивидуального теплового пункта и узла автоматики погодного регулирования).

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

- 1) изменение режимов функционирования и (или) функционального назначения энергопотребляющих установок;
- 2) изменение количества потребителей энергоресурсов (например, изменение численности учащихся за счет поглощения одним образовательных учреждений другим);

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

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

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

Расчет выполняется в следующей последовательности:

1) определяются значения показателей потребления за базовый и отчетный год;

2) рассчитываются значения коэффициентов сопоставимых условий;

3) выполняется расчет индикаторов;

4) выполняется расчет показателей эффективности программы энергосбережения.

При этом расчеты выполняются только для тех объектов, на деятельность которых влияет мероприятие.

Мероприятие по замене ламп накаливания на энергосберегающие оказывает влияние на потребление электрической энергии на цели освещения только в тех помещениях, в которых была проведена замена. При этом, в большинстве случаев в образовательном учреждении нет возможности выделить долю электрической энергии, расходуемой на цели освещения в указанных выше помещениях, в связи с отсутствием индивидуальных приборов учета. В таком случае оценка энергосберегающего эффекта от мероприятия может быть проведена только для здания в целом, на основании показаний общедомового прибора учета.

4.2 Расчет годовой экономии от внедрения мероприятия «Замена ламп накаливания на компактные люминесцентные лампы»

Пример расчёта:

В 10 помещениях временное пребывание установлено 30 ламп накаливания, единичной мощностью 95 Вт.

Система освещения в помещениях работает в течение всего рабочего дня, который составляет 8 часов. Тариф на электрическую энергию (г.Иркутска) $T = 0,97$ руб./кВт*ч. Число рабочих дней этих помещений в году – 250 дней.

Решение:

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

$$W_{\text{лн}} = N * P_{\text{лн}} * \tau * z * 10^{-3} = 30 * 95 * 8 * 250 * 10^{-3} = 5700 \text{ кВт*ч.}$$

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

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

$$W_{\text{клл}} = N * P_{\text{клл}} * \tau_{\alpha} * z * 10^{-3} = 30 * 16 * 2,5 * 250 * 10^{-3} = 300 \text{ кВт*ч.}$$

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

$$\Delta W = W_{\text{лн}} - W_{\text{клл}} = 5700 - 300 = 5400 \text{ кВт*ч.}$$

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

$$\Delta \text{Э} = \Delta W * T_{\text{ээ}} * 10^{-3} = 5400 * 0,97 * 10^{-3} = 5,24 \text{ тыс.руб.}$$

При реализации мероприятий «Замена ламп накаливания на компактные люминесцентные лампы» в г. Иркутск, достигается экономия в размере 5240 руб.

Объем инвестиций в данные мероприятия, исходя из совокупных затрат на покупку и установку датчиков движения и присутствия, а также компактных люминесцентных ламп, составит, тыс. руб.:

$$\text{Inv} = N_{\text{клл}} * C_{\text{клл}} + (1 + k) * N_{\alpha} * C_{\alpha} \text{ тыс. руб.},$$

где $N_{\text{клл}}$ – требуемое количество ламп, шт.;

$C_{\text{клл}}$ – стоимость одной компактной люминесцентной лампы, руб.;

k – доля затрат на монтаж датчиков движения в стоимости оборудования, руб.;

N_{α} – требуемое количество регуляторов системы освещения (количество помещений), шт.;

C_{α} – стоимость одного регулятора системы освещения, руб.

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

$$Inv = 30 \cdot 200 + (1 + 0,5) \cdot 10 \cdot 650 = 15750 \text{ руб.},$$

Таким образом, используя формулу, находим срок окупаемости мероприятия:

$$DP = \frac{Inv}{\Delta \mathcal{E}} = \frac{15750}{5240} = 3 \text{ года.}$$

Срок окупаемости составляет 3 год. Срок службы компактных люминесцентных ламп составляет 2 года. Срок службы датчиков движения – 5 лет.

4.3 Расчет годовой экономии от внедрения мероприятия «Установка частотно-регулируемого привода»

Пример расчёта

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

Характеристики насоса:

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

Подача насоса $G_{нас} = 100$ м³/ч.

Напор $H_{нас} = 50$ м.

КПД насоса $\eta_{нас} = 0,69$.

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

Самый высокий дом в микрорайоне – 16-ти этажный, схема ГВС - циркуляционная. Одноставочный тариф на момент обследования $T = 4,177$ руб./кВт·ч.

Обследованиями получены следующие средние показатели:

Расход воды $G_0 = G_{пч} = 50$ м³/ч,

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

- на выходе - 75 м,

- давление после подогревателя ГВС – 73 м,

Ток электродвигателя $I = 29$ А,

Напряжение на двигателе $U = 380$ В.

В работе 1 насос.

Решение:

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

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

или

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

Требуемый напор насоса, м, равен:

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

Таким образом, для дальнейших расчётов имеем

$$H_0 = 75 - 20 = 55 \text{ м};$$

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

$$H_{\text{пч}} = H_{\text{треб}} = 44 \text{ м};$$

$$P_0 = 17,4 \text{ кВт},$$

По преобразованной формуле

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

Определим напор при нулевом расходе по формуле:

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

Отношение расчетного расхода к номинальному по формуле:

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

Отношение кпд по формуле:

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

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

Относительное изменение мощности по формуле:

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

Уменьшение средней потребляемой мощности:

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

Насосы ХВС работают непрерывно, следовательно, годовое снижение электропотребления:

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

Тогда годовая экономия в денежном выражении составит:

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

При реализации мероприятия «Установка частотно-регулируемого привода» за год достигается экономия в размере 187 000 руб. Объем инвестиций в данное мероприятие составляет 385 000 руб. (таб.10).

Таблица 10 – Расчет объема инвестиций

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

Таким образом, находим срок окупаемости мероприятия:

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

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

4.4 Расчет годовой экономии от внедрения мероприятия «Применение автоматических сенсорных смесителей»

Пример расчёта

Тарифы г.Иркутск:

- на горячую воду $T_{гор} = 84,9 \text{ руб./ м}^3$

- на холодную воду $T_{хол} = 12,37 \text{ руб./ м}^3$

Фактическое потребление горячей воды на все смесительные устройства за год $V_{гор.смес.} = 1500$ м³

Фактическое потребление холодной воды на смесительные устройства за год $V_{хол.смес.} = 3000$ м³

В здании установлено 15 смесителей.

Затраты на установку одного автоматического сенсорного смесителя с учетом материалов и стоимости работ 7000 руб. Коэффициент экономии автоматических сенсорных смесителей k_{eff} составляет 20%.

Решение:

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

$$\Delta V_г = k_{eff} \cdot V_{гор.смес.} = 0,2 \cdot 1500 = 300 \text{ м}^3.$$

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

$$\Delta V_х = k_{eff} \cdot V_{хол.смес.} = 0,2 \cdot 3000 = 600 \text{ м}^3.$$

Тогда годовая экономия в денежном выражении составит, руб.:

$$\mathcal{E} = \Delta V_г \cdot T_{гор} + \Delta V_х \cdot T_{хол} = 300 \cdot 84,9 + 600 \cdot 12,37 = 32892 \text{ руб.}$$

При реализации мероприятия «Применение автоматических сенсорных смесителей» достигается экономия в размере 32892 руб.

Затраты на замену всех смесителей составят:

$$\text{Затраты } \Sigma = N_{смес} \cdot \text{Затраты}_1 = 15 \cdot 7000 = 105\,000 \text{ руб.},$$

что определяет общий объем инвестиций в данное мероприятие.

Таким образом, находим срок окупаемости мероприятия:

$$DP = Inv / E_t = 105\,000 / 32\,892 = 3,2 \text{ года}$$

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

4.5 Расчет годовой экономии от внедрения мероприятия «Улучшение теплозащитных свойств ограждающих конструкций здания (кровля)»

Пример расчёта:

Площадь кровли $F = 620 \text{ м}^2$.

Материал кровли до внедрения мероприятия – плиты жёсткие минераловатные на органофосфатном связующем. Толщина – 50 мм, коэффициент теплопроводности $0,09 \text{ Вт/м}\cdot\text{°C}$.

Нормативное термическое сопротивление кровли $R_0 = 4,83 \text{ м}^2\cdot\text{°C Вт}$.

Расчётная температура внутреннего воздуха $t_{в} = 23\text{°C}$.

Средняя температура наружного воздуха за отопительный период $t_{нар}^{cp} = -25\text{°C}$.

Средняя продолжительность отопительного периода, $n = 210$ суток.

Тариф на тепловую энергию $T_{т.э.} = 1157,24 \text{ руб./Гкал}$ (на примере г.Иркутска).

Решение:

Рассчитаем термическое сопротивление теплоизоляционного слоя кровли до внедрения мероприятия:

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

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

$$Q_1 = (t_{в} - t_{нар}^{cp}) \cdot F/R = 1/0,75 \cdot 620 \cdot (23 - (-25)) = 39680 \text{ Вт} = 39,7 \text{ кВт}.$$

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

$$Q_2 = t_{в} - t_{нар}^{cp} \cdot F/R_0 = 1/4,83 \cdot 620 \cdot (23 - (-25)) = 6161,5 \text{ Вт} = 6,2 \text{ кВт}.$$

Экономия тепла за отопительный период:

$$\Delta Q = (Q_1 - Q_2) \cdot n \cdot C = (39,7 - 6,2) \cdot 210 \cdot 24 \cdot 0,86 \cdot 10^{-3} = 67 \text{ 145 Гкал}.$$

Годовая экономия в денежном выражении при тарифе $T_{тэ} = 1157,24 \text{ руб./Гкал}$:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta Q \cdot T_{\text{тэ}} = 145 \cdot 1157,24 = 167\,799,8 \text{ руб.}$$

При реализации мероприятия «Улучшение теплозащитных свойств ограждающих конструкций здания (кровля)» за отопительный период достигается экономия в размере 167 800 руб.

Определим затраты на реализацию мероприятия:

Наиболее распространенным из материалов, используемых для утепления кровли, является пенополистирол. Данный материал обладает низкой теплопроводностью, соответственно для достижения термического сопротивления R_0 понадобятся плиты с небольшой толщиной, что в целом удешевляет стоимость мероприятия. Коэффициент теплопроводности пенополистирола равен λ пенополистирол = 0,028 [Вт/м·°С]. Определим из этого условия толщину плит δ [м], необходимых для достижения термического сопротивления R_0 .

$$R_0 = 1/\alpha_{\text{внутр}} + \delta/\lambda + 1/\alpha_{\text{нар}} \rightarrow \delta = (R_0 - 1/\alpha_{\text{внутр}} - 1/\alpha_{\text{нар}}) \cdot \lambda = \\ = (4,83 - 1/12 - 1/8,7) \cdot 0,028 = 4,64 \cdot 0,028 = 0,13 \text{ м}$$

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

Цена пенополистирола – 440 руб/м².

Стоимость материала составляет – 272800 руб за 620 м². Данная стоимость включает в себя также стоимость работ по демонтажу старого утеплителя и по монтажу нового.

Затраты на утепление с учетом материалов и стоимости работ составляют 272 800 руб., что определяет общий объем инвестиций в данное мероприятие. Таким образом, находим срок окупаемости мероприятия:

$$DP = Inv/Et = 272\,800/167\,800 = 1,63 \text{ лет}$$

Как видно из приведенного расчета, мероприятие «Улучшение теплозащитных свойств ограждающих конструкций здания (кровля)» окупится примерно за 2 года.

Список использованных источников

1. Федеральный закон РФ от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

2. А.И. Колесников, Е.М. Авдолимов, М.Н. Федоров. МДК 1-01.2002. Методические указания по проведению энергоресурсаудита в жилищно-коммунальном хозяйстве // Государственный комитет Российской Федерации по строительству и жилищно-коммунальному комплексу. - № 81.- 2001 г. 102 с.

3. Я.М. Щелоков. Энергетическое обследование: справочное издание: В 2-х томах. Том 2. Электротехника. Екатеринбург, 2011 г. 150 с.

4. Ю. Давиденко. Проектирование электронных пускорегулирующих аппаратов для люминесцентных ламп. - Радио, №7/2004, с. 41.

5. Материалы energoeducation.ru

6. Полищук А.Г., Туркин А.Н. Перспективы применения светильников со светодиодами для энергосберегающего освещения // Энергосбережение. – 2008. – № 2. – С. 52.

7. Материалы <http://electricpro.ru>

8. Плотников, В.В. Современные технологии повышения теплозащиты зданий / В.В. Плотников, Ботаговский, М.В. – Брянск: БГИТА, 2009. – 134 с.

9. Шеина, Т.В. Архитектурное материаловедение: учебное пособие // Т.В. Шеина; Самарск. гос. арх.-строит. ун-т. – Самара, 2011. – 360 с.

10. Хомутский Ю. Шесть шагов для снижения расходов на эксплуатацию ЦОД // «Журнал сетевых решений/LAN», – Москва: ноябрь 2010. - № 11. – 57 с.

11. Бухмиров В.В., Нурахов Н.Н., Косарев П.Г., Фролов В.В. Методические рекомендации по оценке эффективности энергосберегающих мероприятий // Институт качества высшего образования НИТУ «МИСиС», - Москва: 2014. – 96 с.

12. Хейфец Р. Г. Термодинамические процессы и холодильные циклы // Конспект лекций по дисциплине «Системы производства и распределения энергоносителей» предназначен для студентов теплоэнергетиков. НМетАУ. – Днепропетровск: 2000. – 201 с.

13. Манташов А.Т. Теплотехника. Часть II. Теплотехническое обеспечение объектов сельскохозяйственного назначения; Учебное пособие. – Пермь: Изд-во ПГСХА, 2011 – 116 с.

14. Бухмиров В.В., Нурахов Н.Н. Методические рекомендации по оценке эффективности энергосберегающих мероприятий - Томск: ИД ТГУ, 2014. – 96 с.

15. Методические рекомендации по разработке программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности организаций с участием государства или муниципальных образований. – М.: ФГБУ «РЭА», 2010

16. Андрижиевский, А.А. Энергосбережение и энергетический менеджмент: учеб. пособие для вузов / А.А. Андрижиевский, В.И. Володин. – Минск: Вышэйш. шк., 2005. – 294 с.

17. Беззубцева, М. М. Энергоэффективные электротехнологии в агроинженерном сервисе и природопользовании [Текст]: учеб. пособие / М.М. Беззубцева, В.С. Волков, А.В. Котов, М-во сел. хоз-ва РФ, СПб. гос. аграр. ун-т. – Санкт-Петербург. – Электрон. текстовые дан. – 2012. – 240 с. – Режим доступа: <http://rucont.ru/efd/258990>.

18. Гордеев, А. С. Энергосбережение в сельском хозяйстве [Электронный ресурс] / А. С. Гордеев. – Электрон. текстовые дан. – Москва: Лань, 2014. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=42193; Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=42194.

19. Ильинский, Н.Ф. Электропривод: энерго- и ресурсосбережение [Текст]: учеб. пособие для вузов: допущено Учеб.-метод. об-нием / Н.Ф. Ильинский, В.В. Москаленко. – М.: Академия, 2008. – 202 с.

20. Краснов, И. Ю. Методы и средства энергосбережения на промышленных предприятиях [Электронный ресурс] / И. Ю. Краснов. – Электрон. текстовые дан. – Москва: ТПУ (Томский Политехнический Университет), 2013. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=45143.

21. Крылов, Ю. А. Энергосбережение и автоматизация производства в теплоэнергетическом хозяйстве города. Частотно-регулируемый электропривод [Электронный ресурс] / Ю. А. Крылов. – Электрон. текстовые дан. – Москва: Лань, 2013. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=10251.

22. Пестис, В.К. Основы энергосбережения в сельскохозяйственном производстве: учеб. пособие для вузов / В.К. Пестис, П.Ф. Богданович, Д.А. Григорьев. – 2-е изд. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – 199 с.

23. Организация энергосбережения (энергоменеджмент). Решения ЗСМК-НКМК-НТМК-ЕВРАЗ [Текст]: учеб. пособие для вузов / под ред. В.В. Кондратьева. – М.: ИНФРА-М, 2011. – 107 с.