

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

**Энергетический аудит и управление
энергопотреблением**

Методические указания по выполнению
практических работ для студентов специальности
1-43 01 07 «Техническая эксплуатация
энергооборудования организаций»

Витебск
2018

УДК 621.9(07)

Составители:

В.В. Дрюков, С.В. Жерносек, А.А. Котов,
С.М. Кузьменков, Р.В. Окунев

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским
советом УО «ВГТУ», протокол № 9 от 30.11.2018.

Энергетический аудит и управление энергопотреблением :
методические указания по выполнению практических работ / В. В. Дрюков [и
др.]. – Витебск : УО «ВГТУ», 2018. – 47 с.

В методических указаниях изложена методика выполнения практических работ по
дисциплине «Энергетический аудит и управление энергосбережением».

УДК 621.9 (07)

© УО «ВГТУ», 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Практическая работа 1	5
Практическая работа 2	12
Практическая работа 3	20
Вопросы для самопроверки к защите.....	44
Список использованных источников	46

Битебский государственный технологический университет

ВВЕДЕНИЕ

Энергетический аудит – это обследование предприятия с целью сбора информации об источниках энергии, ее удельном потреблении на единицу выпускаемой продукции, разработка рекомендаций и технических решений по снижению энергетических затрат. Он является основным инструментом энергетического менеджмента. Энергетический аудит проводится в целях определения путей быстрого и эффективного снижения издержек на энергоресурсы.

Цели курса «Энергетический аудит и управление энергосбережением»

– формирование профессиональных компетенций для работы в области энергетики и энергоснабжения;

– внедрение энергосберегающих технологий и оборудования;

– повышение эффективности использования энергоресурсов.

Данная дисциплина предусматривает подготовку инженеров-энергетиков, владеющих основными принципами нормирования энергопотребления, методологией энергетического аудита, навыком работы с персоналом предприятия по вопросам рационального и экономного использования энергии.

В результате изучения курса обучающийся изучает нормативно-правовую базу энергосбережения, цели, задачи и функции энергетического аудита, технологические процессы и потоки энергии на объекте. Приобретает навыки оценки текущего состояния энергопотребления конечными потребителями, сопоставлению и проверке данных об энергопотреблении. Получает знания, позволяющие системно рассматривать проблемы энергосбережения, разрабатывать и оценивать проводимые на предприятии мероприятия с точки зрения энергетического менеджмента.

В результате изучения дисциплины студент должен

знать:

– нормативно-правовую базу энергосбережения;

– методы составления энергетических балансов;

– функции и этапы энергетического менеджмента;

уметь:

– оценивать текущее состояние энергопотребления конечными потребителями;

– анализировать эффективность использования энергии на объекте;

– планировать энергосберегающие мероприятия;

владеть:

– основными принципами нормирования энергопотребления;

– методологией энергоаудита;

– навыком работы с персоналом предприятия по вопросам рационального и экономного использования энергии.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1

Исследование сравнительных характеристик электрических источников света

Цель работы: изучение устройства, принципа действия и сравнение основных параметров наиболее распространенных типов электрических источников света.

Общие сведения

Свет представляет собой электромагнитные волны длиной $4 \cdot 10^{-7} \div 8 \cdot 10^{-7}$ м. Электрические волны излучаются при ускоренном движении заряженных частиц. Для того чтобы атом или молекула начали излучать, им необходимо передать определенное количество энергии. Излучая, они теряют полученную энергию, поэтому для непрерывного свечения необходим постоянный приток энергии извне.

Поток излучения, $\Phi_{\text{изл}}$ – энергия, переносимая электромагнитными волнами за 1 секунду через произвольную поверхность. Единица измерения потока излучения Дж/с = Вт.

Энергетическая освещенность, $E_{\text{эн}}$ (плотность потока излучения) – отношение потока излучения к площади равномерно облучаемой им поверхности. Единица измерения энергетической освещенности Вт/м².

Световой поток, Φ – поток излучения, оцениваемый по его воздействию на человеческий глаз. Человеческий глаз неодинаково чувствителен к потокам света с различными длинами волн (наиболее чувствителен глаз при дневном освещении к свету с длиной волны 555 нм). Единицей измерения светового потока с точки зрения восприятия его человеческим глазом (яркости) является люмен (лм). Световой поток в 1 лм белого света равен $4,6 \cdot 10^{-3}$ Вт (1 Вт = 217 лм).

Освещенность, E – отношение светового потока, падающего на поверхность, к площади этой поверхности. Измеряется в люксах (лк), где люкс – освещенность, при которой на 1 м² поверхности равномерно распределен световой поток в 1 люмен.

Освещенность поверхности прямо пропорциональна световому потоку и обратно пропорциональна квадрату расстояния от источника.

Тепловое излучение – электромагнитное излучение тела, обусловленное возбуждением атомов или молекул тела вследствие их теплового движения. Чем выше температура тела, тем быстрее движутся атомы или молекулы. При столкновении друг с другом часть их кинетической энергии превращается в энергию возбуждения, которая затем превращается в световую.

Люминесцентное излучение связано с переходом излучающих атомов, молекул и ионов в возбужденное состояние и последующим их возвращением в нормальное или менее возбужденное состояние, сопровождающееся испусканием света (избыточное над тепловым при той же температуре). Это излучение

может быть вызвано бомбардировкой вещества электронами и другими заряженными частицами, пропусканием через вещество электрического тока, освещением вещества, видимым светом, рентгеновским и гамма-излучением, а также некоторыми химическими реакциями в веществе. Вещества, в которых происходит люминесценция, называются *люминофорами*.

Электрические источники света, их конструкции и параметры

Электрические источники света по способу генерирования ими излучения делятся на температурные (лампы накаливания) и люминесцентные (люминесцентные и газоразрядные лампы).

Принцип действия **ламп накаливания** основан на вышеописанном тепловом излучении. Лампа накаливания – электрический источник света с излучателем в виде накаливаемой током проволоки (нити) из тугоплавкого материала. Нить накала изготавливают из вольфрама, обладающего высокой температурой плавления и малой скоростью испарения при высоких температурах. Для предотвращения окисления раскаленной нити лампы откачивают до 10^{-4} – 10^{-6} мм рт. ст. (вакуумные лампы).

Основные недостатки ламп накаливания:

– низкий КПД (около 2 %), так как подавляющая часть потребляемой электроэнергии этими лампами преобразуется не в световую, а в тепловую энергию;

– низкий срок службы, который в среднем составляет около 1000 часов, ограничиваемый сроком службы спирали, которая работает при больших температурах. Срок службы ламп накаливания снижается при их вибрациях, частых включениях и отключениях, использовании в неvertикальном положении.

Кроме того, свет ламп накаливания отличается от естественного преобладанием лучей желто-красной части спектра, что искажает естественную расцветку предметов.

Несмотря на указанные недостатки, в настоящее время лампы накаливания все еще находят широкое распространение в связи с их простотой в эксплуатации, надежностью, компактностью и низкой стоимостью.

Лампы накаливания могут быть **вакуумными**, **газонаполненными** и **галогенными**. **Газонаполненные лампы** заполняют инертным газом до давления, близкого к атмосферному, в составе газового заполнения колбы используются малотеплопроводные, инертные газы (аргон, криптон, ксенон) с примесью 5–15 % азота.

Галогенные лампы являются разновидностью ламп накаливания, основное отличие которых заключается в повышенном сроке службы, как правило, до 2000 часов. Это достигается за счет того, что в состав газового заполнения колбы галогенной лампы накаливания добавляется йод, который при определенных условиях обеспечивает обратный перенос испарившихся частиц вольфрама спирали со стенок колбы лампы на тело накала.

Люминесцентная лампа – искусственный источник света, основанный

на двойном преобразовании энергии – превращении электрической энергии в энергию ультрафиолетового излучения и ультрафиолетового излучения в видимое свечение люминесцирующих веществ. По сравнению с лампами накаливания люминесцентная лампа обладает существенными преимуществами: в несколько раз большей экономичностью; резко улучшенными цветовыми свойствами и повышенным сроком службы.

Люминесцентная лампа представляет собой стеклянную трубку, наполненную парами ртути и аргоном, с нанесенным на внутреннюю поверхность люминесцирующего вещества. В оба конца трубки впаяны электроды в виде вольфрамовых спиралей; они покрыты оксидной пастой (смесь оксидов бария, стронция и кальция), облегчающей выход электронов. При работе на переменном токе электроды поочередно служат катодом и анодом и нагреваются разрядом. При этом работает лишь небольшая часть катода (катодное пятно). Излишний нагрев электродов в анодный полупериод снижается приваренными к ножкам электродов никелевыми отростками, которые принимают на себя более половины разрядного тока.

Давление ртутных паров благодаря наличию избытка жидкой ртути зависит от температуры стенок лампы. При нормальной температуре ($40\text{ }^{\circ}\text{C}$) оно составляет около 10^{-2} мм рт. ст., давление аргона около 4 мм рт. ст. Существенную роль в установлении нормальной температуры стенок играет внешняя температура, которая должна быть $18\text{--}25\text{ }^{\circ}\text{C}$. При низких внешних температурах люминесцентная лампа нуждается в теплоизоляции. Нормальная температура стенок лампы достигается через несколько минут после включения (*время прогрева*), и тогда только устанавливается стабильное значение светового потока.

При работе люминесцентной лампы электрический ток в несколько десятых долей, проходит между электродами сквозь газовую среду, возбуждая свечение паров ртути. Аргон не возбуждается, но улучшает условия возбуждения паров ртути и замедляет разрушение электродов. Ртутные пары при низких давлениях и малом токе испускают главным образом ультрафиолетовое излучение. Видимое свечение люминофора возбуждается ультрафиолетовым излучением и составляет основную часть светового потока люминесцентной лампы. Его спектральный состав зависит от состава люминофора и может быть любым. В излучении люминесцентной лампы общего освещения значительно усилена желто-зеленая часть спектра, к которой особенно чувствителен человеческий глаз. В основных типах люминесцентных ламп применяется смесь обычно двух люминофоров: вольфрамит магния (голубое свечение) и цинк-бериллий силиката (оранжевое свечение). В зависимости от типа люминофора и пропорции смеси изготавливаются люминесцентные лампы дневного света, холодно-белого света, белого света и тепло-белого света, а также солнечного света, дающие не только видимое, но и ультрафиолетовое излучение, и специальные люминесцентные лампы, дающие ультрафиолетовое излучение.

Экономичность источника света (лампы) оценивают **световой отдачей** – значением светового потока, приходящегося на единицу мощности лампы (лм/Вт).

Светоотдача люминесцентной лампы в 34 раза выше, чем у ламп накаливания и зависит от длины трубки и спектрального состава излучения. В нормальных эксплуатационных условиях срок службы люминесцентной лампы около 3000 часов (в 3 раза больше, чем у ламп накаливания).

Основные недостатки люминесцентной лампы:

- величина светового потока периодически изменяется с частотой, равной удвоенной частоте питающего тока;
- появляющийся стробоскопический эффект;
- необходимость специального светильника;
- в результате старения люминофоров световой поток после 2000–2500 ч горения снижается ~ на 30 %.

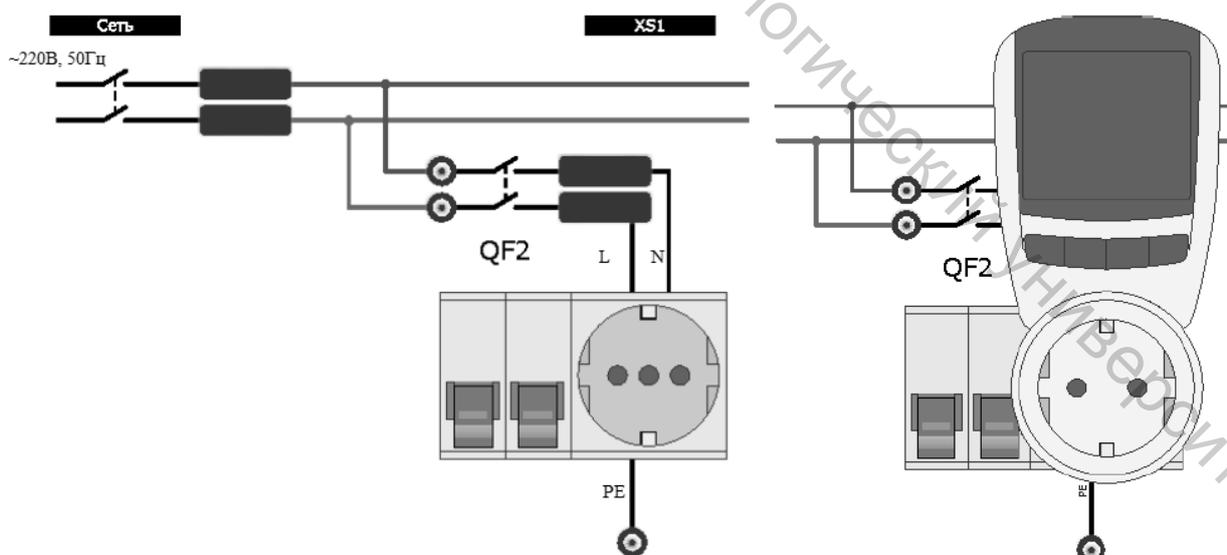
Причинами, снижающими срок службы люминесцентной лампы, являются колебания напряжения в сети, питающей люминесцентные лампы, и большое число включений, при которых особенно разрушаются электроды.

Порядок выполнения работы

1. Подготовить люксметр к работе.
2. Включить питание стенда (QF1). Подключить питание (рис. 1.1).
3. Соединить кабелем выходной разъем энергометра и розетки XP1.

Собрать схему, как показано на рисунке 1.2.

4. Включить QF2.
5. Включить лампу накаливания.
6. По показаниям энергометра установить фактические параметры энергопотребления лампы накаливания. Определить среднюю мощность лампы накаливания.



Подключение питания

Розетка с установленным энергометром

Рисунок 1.1 – Схема подключения стенда к работе

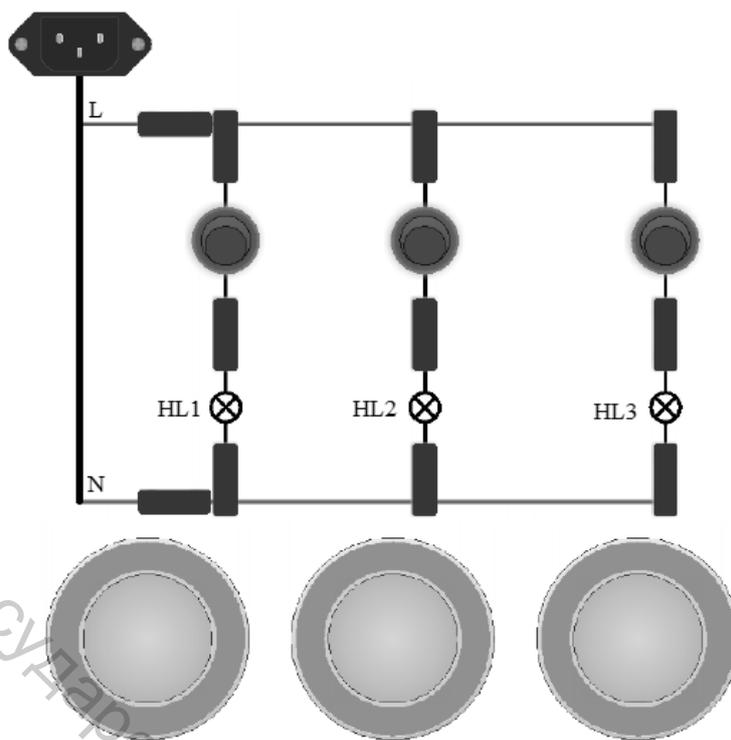


Рисунок 1.2 – Схема подключения источников света

Данные занести в таблицу 1.1

Таблица 1.1 – Протокол показаний энергометра

Параметр	Единицы измерения	Тип лампы		
		Накаливания	Люминесцентная	Светодиодная
Напряжение	В			
Частота	Гц			
Сила тока	А			
Мощность	Вт			
cos φ	–			
Потребляемая электроэнергия за 5 минут	Вт·ч			

Расчетная средняя мощность лампы, Вт

$$P_{\text{ср}} = \frac{Q_{\text{и}}}{\Delta t}, \quad (1.1)$$

где $Q_{\text{и}}$ – величина потребленной электроэнергии за время Δt , Вт·ч; Δt – время измерения по таблице 1 (принять равным 0,0833 ч (5 мин)).

7. Пользуясь люксметром, определить освещенность на оси (перпендику-

лярно панели стенда) излучения лампы на расстоянии 0,3м (рис. 1.3). Данные занести в таблицу 1.2.

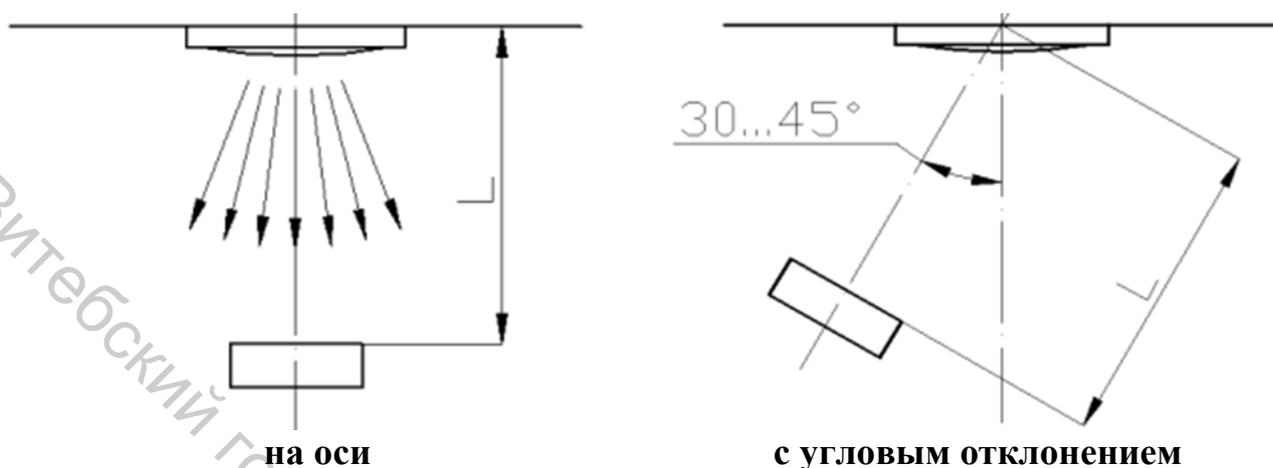


Рисунок 1.3 – Измерение освещенности от точечных светильников

Таблица 1.2 – Протокол измерений освещенности люксметром

Способ измерения	Расстояние L , м	Измеренная освещенность, лк			Фон
		Тип лампы			
		Накаливания	Люминесцентная	Светодиодная	
На оси	0,3				
	0,5				
Под углом	0,3				
	0,5				

8. После замера освещенности, не изменяя положения чувствительного элемента и его ориентацию, выключить лампу и замерить фоновую освещенность (освещение в лаборатории).

9. Повторить пункты 7, 8 для расстояния $L = 0,5$ м.

10. Повторить пункты 7–9 для измерения освещенности под углом к оси.

11. Повторить пункты 7–10 для люминесцентной и светодиодной лампы.

12. Найти расчетную освещенность. Данные занести в таблицу 1.3.

Расчетная освещенность

$$E_p = E - E_\phi, \quad (1.2)$$

где E – измеренная освещенность, лк; E_ϕ – фоновая освещенность (лампа выключена).

Таблица 1.3 – Расчетная освещенность

Способ измерения	Расстояние L , м	Расчетная освещенность, лк		
		Тип лампы		
		Накаливания	Люминесцентная	Светодиодная
На оси	0,3			
	0,5			
Под углом	0,3			
	0,5			

13. Рассчитать световой поток для каждого случая из таблицы 1.3. Данные занести в таблицу 1.4. Для удобства расчетов принимается, что 1 люкс численно равен 1 люмену ($\text{лм}/\text{м}^2$), то есть освещаемую источником света площадь примем за 1 м^2 .

Расчетный световой поток для 1 м^2

$$\Phi_p = E_p \cdot S \quad (1.3)$$

Таблица 1.4 – Результаты расчета светового потока

Способ измерения	Расстояние L , м	Вычисленный световой поток, лм		
		Тип лампы		
		Накаливания	Люминесцентная	Светодиодная
На оси	0,3			
	0,5			
Под углом	0,3			
	0,5			
Среднее значение Φ_{cp}				

14. Определить световую отдачу каждого типа ламп. Данные занести в таблицу 1.5.

Расчетная световая отдача, лм/Вт

$$\eta = \frac{\Phi_{\text{cp}}}{P_{\text{cp}}} \quad (1.4)$$

15. После завершения работ выключить питание и разобрать схемы.

Таблица 1.5 – Результаты расчета световой отдачи

Световая отдача, лм/Вт	Тип лампы		
	Накаливания	Люминесцентная	Светодиодная

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2

Фактическое энергопотребление систем отопления

Цель работы: ознакомиться с видами систем отопления, составить схему системы отопления для заданного объекта.

Общие сведения

В жилищно-гражданском строительстве широко применяются центральные системы водяного, парового и воздушного отопления, а также системы панельного и лучистого отопления с различными теплоносителями. Кроме того, применяются системы газо- и электровоздушного отопления, отопления инфракрасными и высокотемпературными излучателями.

Наибольшее распространение получила водяная система отопления, как наиболее гигиеничная, совершенная в эксплуатации и регулируемая в широких пределах в зависимости от температуры наружного воздуха.

Паровая система не гигиенична из-за пригорания пыли на поверхностях приборов, почти не поддаётся регулировке, а поэтому применяется ограниченно, главным образом в коммунальных и промышленных предприятиях.

На воздушные системы отопления расходуется меньше металла, чем на водяные и паровые; применяются они главным образом для отопления помещений большого объёма. Температура воздуха в отдельных помещениях жилых зданий, обслуживаемых центральной системы воздушного отопления, плохо поддаётся регулировке, и это ограничивает её применение. Панельное и лучистое отопление особенно удобно в крупноблочных зданиях, где нагревательные приборы и трубопроводы скрыты в толще конструктивных элементов строительной части здания.

Выбор системы отопления и параметров теплоносителя производят на основании технико-экономического обоснования, в соответствии с требованиями санитарных и противопожарных норм, в зависимости от назначения здания и режима его эксплуатации. При этом предельные значения допускаемых температур на поверхности нагревательных приборов любых типов и конструкций независимо от вида теплоносителя принимают по нормам, указанным в таблице 2.1. При устройстве систем центрального отопления руководствуются правилами СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».

Таблица 2.1 – Системы отопления (по СНиП 41-01-2003)

Помещения	Характеристика системы отопления
Б.1. Жилые, общественные и административно-бытовые (кроме указанных в Б. 2- Б. 10)	Водяная с радиаторами, панелями и конвекторами при температуре теплоносителя для двухтрубных систем не более 95 °С; для однетрубных – не более 105 °С. Водяная с нагревательными элементами, встроенными в наружные стены перекрытия и полы (в соответствии с 6.5.13). Воздушная. Поквартирная водяная с радиаторами или конвекторами при температуре теплоносителя не более 95 °С. Электрическая или газовая с температурой на теплоотдающей поверхности не более 95 °С

Продолжение таблицы 2.1

Помещения	Характеристика системы отопления
Б.2. Детские дошкольные, лестничные клетки и вестибюли в детских дошкольных учреждениях	Водяная с радиаторами, панелями и конвекторами при температуре теплоносителя не более 95 °С (с учетом 4.4.3). Водяная с нагревательными элементами, встроенными в наружные стены перекрытия и полы (в соответствии с 6.5.13). Электрическая с температурой на теплоотдающей поверхности не более 90 °С
Б.3. Палаты, операционные и другие помещения лечебного назначения в больницах (кроме психиатрических и наркологических, общественных и административно-бытовых)	Водяная с радиаторами и панелями при температуре теплоносителя не более 85 °С. Водяная с нагревательными элементами, встроенными в наружные стены перекрытия и полы (в соответствии с 6.5.13)
Б.4. Палаты, операционные и другие помещения лечебного назначения в психиатрических и наркологических больницах (кроме общественных и административно-бытовых)	Водяная с радиаторами и панелями при температуре теплоносителя не более 95 °С. Водяная с нагревательными элементами и стояками, встроенными в наружные стены, перекрытия и полы (в соответствии с 6.5.13). Электрическая с температурой на теплоотдающей поверхности не более 95 °С
Б.5. Спортивные залы	Воздушная. Водяная с радиаторами, панелями и конвекторами и гладкими трубами при температуре теплоносителя не более 150 °С. Водяная с нагревательными элементами, встроенными в наружные стены перекрытия и полы (в соответствии с 6.5.13). Электрическая или газовая с температурой на теплоотдающей поверхности не более 150 °С
Б.6. Бани, прачечные и душевые	Водяная с радиаторами, конвекторами и гладкими трубами при температуре теплоносителя не более 95 °С для помещений бань и душевых, не более 150 °С – для прачечных. Воздушная. Водяная с нагревательными элементами, встроенными в наружные стены перекрытия и полы (в соответствии с 6.5.13)
Б.7. Общественного питания (кроме ресторанов) и торговые залы (кроме указанных в Б.3)	Водяная с радиаторами, панелями, конвекторами и гладкими трубами при температуре теплоносителя не более 150 °С. Водяная с нагревательными элементами и стояками, встроенными в наружные стены, перекрытия и полы (в соответствии с 6.5.13). Воздушная. Электрическая и газовая с температурой на теплоотдающей поверхности не более 150 °С. Электрическая и газовая с высокотемпературными излучателями в неутепленных и полуткрытых помещениях и зданиях
Б.8. Торговые залы и помещения для обработки и хранения материалов, содержащих легко воспламеняющиеся жидкости	Принимать по Б. 11 а) или Б. 11 б) настоящего приложения
Б.9. Пассажиры залы вокзалов	Воздушная. Водяная с радиаторами и конвекторами при температуре теплоносителя не более 150 °С. Водяная с нагревательными элементами, встроенными в наружные стены, перекрытия и полы (в соответствии с 6.5.13). Электрическая с температурой на теплоотдающей поверхности не более 150 °С
Б.10. Залы зрительные и рестораны	Водяная с радиаторами и конвекторами при температуре теплоносителя не более 115 °С. Воздушная. Электрическая с температурой на теплоотдающей поверхности не более 115 °С
Б.11 Производственные: а) категорий А, Б, В 1-84 без выделений пыли и аэрозолей или с выделением негорючей пыли	Воздушная (в соответствии с 4.4.6 и 7.1.11). Водяная и паровая (в соответствии с 6.1.6) при температуре теплоносителя: воды не более 150 °С, пара не более 130 °С. Электрическая и газовая для помещений категорий В1–В4 (кроме складов категорий В1–В4) при температуре на теплоотдающей поверхности не более 130 °С. Электрическая для помещений категорий А и Б (кроме складов категорий А и Б) во взрывозащищенном исполнении в соответствии с ПУЭ при температуре на теплоотдающей поверхности не более 130 °С
б) категорий А, Б, В1- В4 с выделением горючей пыли и аэрозолей	Воздушная (в соответствии с 4.4.6 и 7.1.11). Водяная и паровая (в соответствии с 6.1.6) при температуре теплоносителя: воды – не более 110 °С в помещениях категорий А и Б и не более 130 °С в помещениях категории В. Электрическая и газовая для помещений категорий В1–В4 (кроме складов категорий В1–В4) при температуре на теплоотдающей поверхности не более 110 °С. Электрическая для помещений категорий А и Б (кроме складов категорий А и Б) во взрывозащищенном исполнении в соответствии с ПУЭ при температуре на теплоотдающей поверхности не более 110 °С

Окончание таблицы 2.1

Помещения	Характеристика системы отопления
в) категорий Г и Д без выделений пыли и аэрозолей	Воздушная. Водяная и паровая с ребристыми трубами, радиаторами и конвекторами при температуре теплоносителя: воды не более 150 °С, пара не более 130 °С. Водяная с нагревательными элементами и стояками, встроенными в наружные стены, перекрытия и полы (в соответствии с 6.5.13). Газовая и электрическая, в том числе с высокотемпературными излучателями, кроме складов категории В4 (в соответствии с 5.8 и 6.5.10)
г) категорий Г и Д с повышенными требованиями к чистоте воздуха	Воздушная. Водяная с радиаторами (без оребрения), панелями и гладкими трубами при температуре теплоносителя не более 150 °С. Водяная с нагревательными элементами, встроенными в наружные стены, перекрытия и полы (в соответствии с 6.5.13)
д) категорий Г и Д с выделением негорючих пыли и аэрозолей	Воздушная. Водяная и паровая с радиаторами при температуре теплоносителя: воды не более 150 °С, пара не более 130 °С. Водяная с нагревательными элементами, встроенными в наружные стены, перекрытия и полы (в соответствии с 6.5.13). Электрическая и газовая с температурой на теплоотдающей поверхности не более 150 °С
е) категорий Г и Д с выделением горючих пыли и аэрозолей	Воздушная. Водяная и паровая с радиаторами и гладкими трубами при температуре теплоносителя: воды не более 130 °С, пара не более 110 °С. Водяная с нагревательными элементами, встроенными в наружные стены, перекрытия и полы (в соответствии с 6.5.13)
ж) категорий Г и Д со значительным влаговыделением	Воздушная. Водяная и паровая с радиаторами, конвекторами и ребристыми трубами при температуре теплоносителя: воды не более 150 °С, пара не более 130 °С. Газовая с температурой на теплоотдающей поверхности 150 °С
з) с выделением возгоняемых ядовитых веществ	По специальным нормативным документам
Б.12. Лестничные клетки, пешеходные переходы и вестибюли	Водяная и паровая с радиаторами, конвекторами и калориферами при температуре теплоносителя: воды не более 150 °С, пара не более 130 °С. Воздушная
Б.13. Тепловые пункты	Водяная и паровая с радиаторами и гладкими трубами при температуре теплоносителя: воды не более 150 °С, пара не более 130 °С
Б.14. Отдельные помещения и рабочие места в неотапливаемых и отапливаемых помещениях с температурой воздуха ниже нормируемой (кроме помещений категорий А, Б и В)	Газовая и электрическая, в том числе с высокотемпературными излучателями (в соответствии с 5.8 и 6.5.13)
<p>Примечания.</p> <p>1. Для помещений, указанных в позиции Б.1 (кроме жилых) и позиции Б. 10, допускается применять однотрубные системы водяного отопления с температурой теплоносителя до 130 °С при использовании в качестве отопительных приборов конвекторов с кожухом при скрытой прокладке или изоляции участков, стояков и подводов с теплоносителем, имеющим температуры выше 105 °С для помещений, указанных в позиции Б.1, и выше 115 °С – для помещений, указанных в позиции Б. 10, а также при соединении трубопроводов в пределах обслуживаемых помещений на сварке.</p> <p>2. Температуру воздуха при расчете систем воздушного отопления, совмещенного с приточной вентиляцией или кондиционированием, следует определять в соответствии с требованиями 4.4.6. СНиП 41-01-2003</p> <p>3. Отопление газовыми приборами в зданиях III, IV и V степеней огнестойкости не допускается.</p>	

Расчётную разность температур горячей и обратной воды обычно принимают равной 25 °С, а при панельных системах отопления с целью сокращения типоразмеров нагревательных приборов её допускается уменьшать до 15 °С. В зданиях, присоединяемых к ТЭЦ, такое снижение расчётной разности температур приводит к перерасходу сетевой воды. В современных однотрубных системах водяного отопления с П-образными стояками она может быть увеличена до 35 °С. В двухтрубных системах водяного отопления, наоборот, увеличение расчётной разности температур воды более чем на 25 °С способствует недопусти-

мой вертикальной разрегулировке системы отопления, вызванной влиянием естественного давления.

В связи с этим для систем водяного отопления с местными нагревательными приборами следует применять однотрубные схемы разводки теплоносителя.

В обычных системах водяного отопления жилых и общественных зданий по санитарно-гигиеническим нормам применяют теплоноситель с температурой горячей воды не более 95°C . С целью снижения металлоёмкости систем отопления (см. примечание к табл.2.1) допускается применять теплоноситель с температурой горячей воды не более 105°C .

При необходимости снижения температуры теплоносителя местные системы водяного отопления зданий присоединяют к наружным тепловым сетям через элеватор или теплообменник (см. раздел «Тепловые сети»).

Рекомендуемое давление пара в разомкнутых системах парового отопления низкого давления в зависимости от радиуса действия принимают:

Радиус действия, м	... 50	100	200	300	600
Давления пара, кг/см ³	... 0,05	0,05 – 0,1	0,1 – 0,2	0,2 – 0,3	0,5 – 0,7

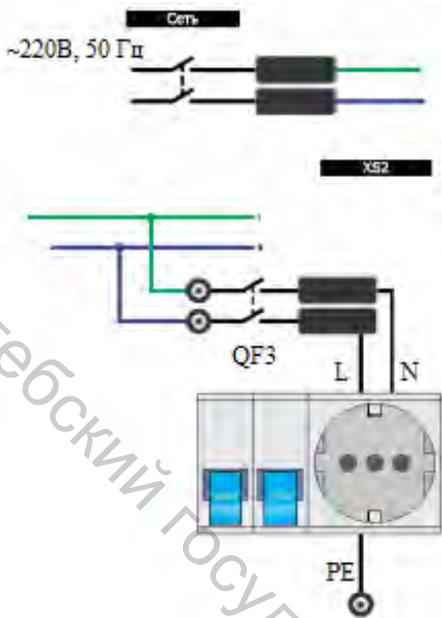
В замкнутых системах пароснабжения давление пара назначается по расчёту. Давление пара в системах отопления и пароснабжения высокого давления допускается до 5 кг/см^2 в зависимости от прочности и предельной температуры поверхности нагревательных приборов. В необходимых случаях давления пара на вводе в здание снижается дросселированием.

В открытых системах воздушного отопления температура приточного воздуха, подаваемого непосредственно в отапливаемые помещения, нормируется в зависимости от места расположения приточных отверстий. Для закрытых систем температура воздуха, циркулирующего по каналам, определяется расчётом в зависимости от допускаемой температуры нагревательных элементов. В системах воздушного отопления жилых зданий нагрев воздуха в центральных приточных камерах допускается до 120°C , а наибольшая температура подаваемого воздуха в нижнюю зону комнаты – 60°C .

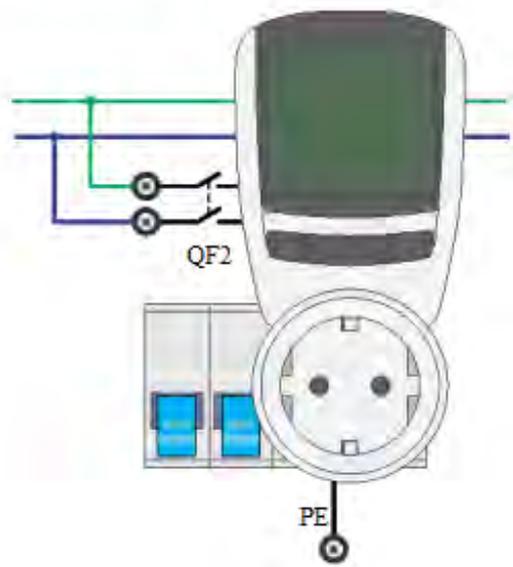
Порядок выполнения работы

Потребление электроэнергии при нагреве воды

1. Включить питание стенда (QF1).
2. Собрать схему, как показано на рисунке 2.1.
3. Вставить энергометр в розетку XS4, в энергометр включить сетевую вилку водонагревателя. Водонагреватель должен быть выключен.
4. Включить QF4.
5. Перед началом опыта остудить воду в водонагревателе до комнатной температуры. Для этого включить циркуляционный насос в розетку XS3 и открыть краны В1, В2 (рис. 2.2).



подключение питания



**розетка с установленным
энергометром**

Рисунок 2.1 – Схема исследования энергопотребления

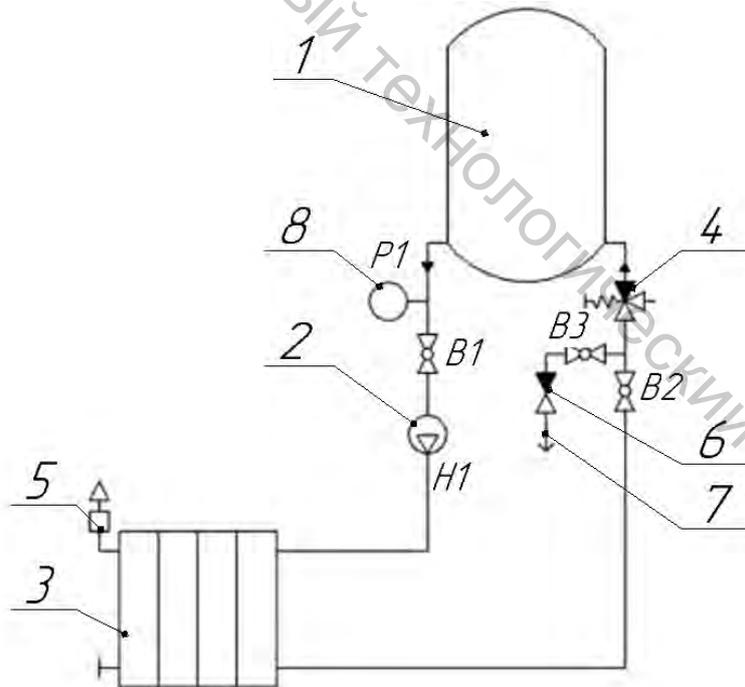


Рисунок 2.2 – Схема системы отопления:

- 1 – бак водонагревателя; 2 – циркуляционный насос; 3 – радиатор отопления;
- 4 – предохранительный клапан; 5 – автоматический воздухоотводчик;
- 6 – обратный клапан; 7 – заправочный штуцер; 8 – контрольный манометр

6. Используя термопару, подключенную к мультиметру, определить контактным способом температуру воды в контуре циркуляции (она должна быть комнатной или чуть выше).

При высокой температуре в контуре – продолжать циркуляцию до остывания.

7. Занести в таблицу 2.3 начальную температуру (t_1) в контуре циркуляции.

8. Выключить насос.

9. Включить нагрев водонагревателя, засечь момент времени.

10. По показаниям энергометра определить электрические параметры нагревателя.

Данные занести в таблицу 2.2.

11. При достижении требуемой температуры в баке выключить нагрев. Занести в таблицу время нагрева и измеренную прибором потребленную электроэнергию.

Таблица 2.2 – Параметры работы нагревателя

Параметр	Единицы измерения	Величина
Напряжение	В	
Частота	Гц	
Ток	А	
Мощность	Вт	
$\cos \varphi$	–	

12. Включить циркуляционный насос. Измерить температуру воды на выходе водонагревателя. Данные занести в таблицу 2.3.

13. Рассчитать по формуле (2.1) тепловую энергию, полученную водой. Вычислить (2.2) и (2.3). Данные занести в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 – Результаты расчета

Параметр	Начальная температура, $t_1, ^\circ\text{C}$	Конечная температура, $t_2, ^\circ\text{C}$	Мощность нагревателя, $P, \text{Вт}$	Время нагрева, $\Delta t, \text{с}$	Расчетная энергия, $Q_{\text{рт}}, \text{кДж}$	Расчетная энергия, $Q_{\text{р}}, \text{кВт} \cdot \text{ч}$	Измеренная энергия, $Q_{\text{и}}, \text{кВт} \cdot \text{ч}$
Величина							

Расчетная тепловая энергия нагрева

$$P = \frac{K_3 \cdot Q \cdot H \cdot \gamma}{102 \cdot 3600 \cdot \eta_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{пер}}}, \quad (2.1)$$

где q – теплоемкость воды, принять равной 4,2 кДж/кг · К .

Перевод энергии нагрева в кВт/ч

$$Q_p[\text{кВт} \cdot \text{ч}] = \frac{Q_p[\text{кДж}]}{3600} . \quad (2.2)$$

Расчетная электрическая энергия нагрева в кВт/ч

$$Q_p = \frac{P \cdot \Delta t}{1600} , \quad (2.3)$$

где Δt – время нагрева, с.

14. Отключить водонагреватель от сети.

15. Включить в сеть через энергометр циркуляционный насос.

16. Для разных скоростей насоса (скорости переключаются на корпусе насоса) определить электрические параметры. Данные занести в таблицу 2.4.

Таблица 2.4 – Параметры работы циркуляционного насоса

Параметр	Единицы измерения	Величина скорости		
		I	II	III
Напряжение	В			
Частота	Гц			
Ток	А			
Мощность	Вт			
cosφ	–			

Потребление электроэнергии конвектором

1. Включить в сеть через энергометр конвектор (рис. 2.1).

2. Включить конвектор на нагрев.

3. Определить электрические параметры. Данные занести в таблицу 2.5.

4. После завершения работ выключить питание и разобрать схемы.

Таблица 2.5 – Параметры работы конвектора

Параметр	Единицы измерения	Величина
Напряжение	В	
Частота	Гц	
Ток	А	
Мощность	Вт	
cosφ	–	

Потребление электроэнергии электрическим теплым полом

1. Включить питание стенда (QF1). Подключить питание (см. рис. 2.1).
2. Соединить кабелем выходной разъем энергометра и розетки XP2. Собрать схему, как показано на рисунке 2.3.

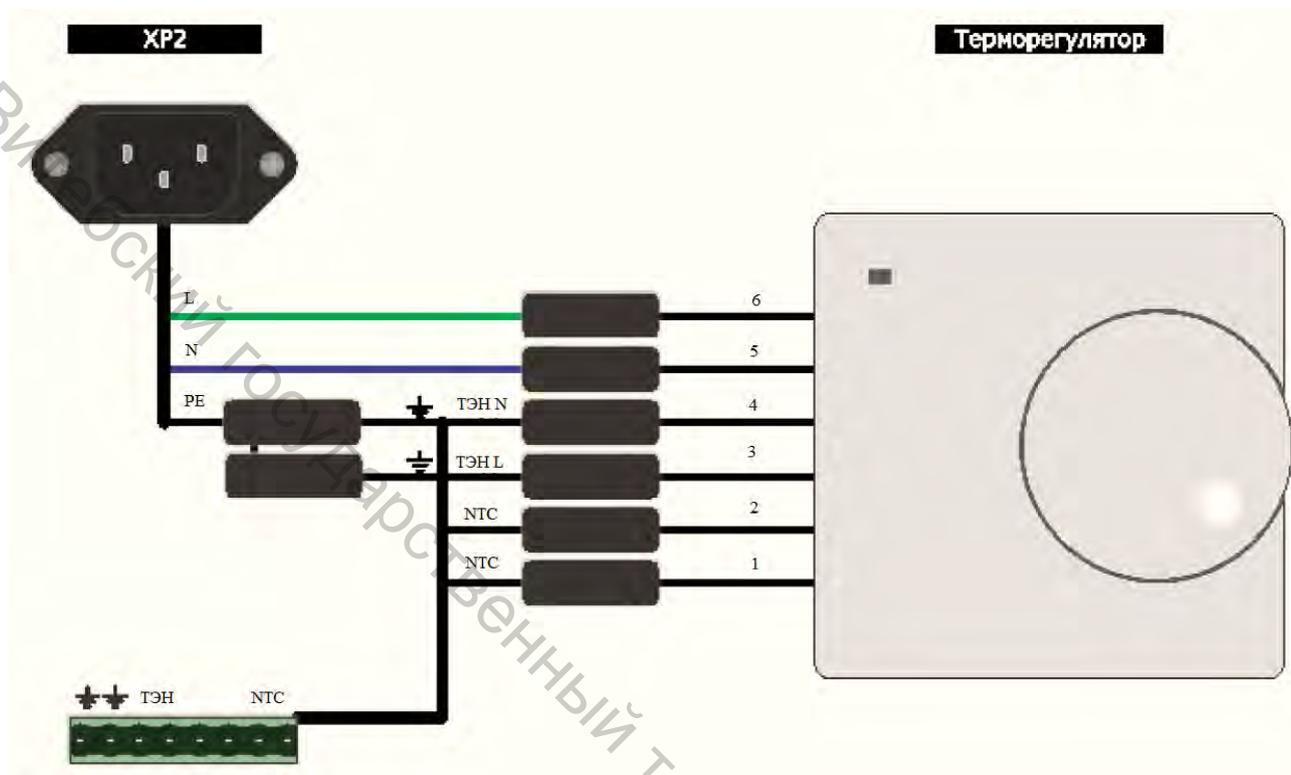


Рисунок 2.3 – Схема подключение регулятора

3. Подключить разъем теплого пола к панели.
4. Включить QF2.
5. Включить обогрев поворотом задатчика на терморегуляторе.
6. Определить электрические параметры. Данные занести в таблицу 2.6.
7. После завершения работ выключить питание и разобрать схемы.

Таблица 2.6 – Параметры работы теплого пола

Параметр	Единицы измерения	Величина
Напряжение	В	
Частота	Гц	
Ток	А	
Мощность	Вт	
cosφ	–	

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3

Термографирование ограждающих и теплоизолирующих конструкций

Цель работы: на основе термографирования ограждающих и теплоизолирующих конструкций изучить методы выявления источников тепловых потерь, скрытых дефектов и нарушений.

Общие сведения

Тепловизионное обследование представляет собой съемку данных снаружи и внутри здания (сооружения) с применением тепловизора. Благодаря разнице температур (для обследования идеален зимний период, когда разница температур снаружи и внутри помещения составляет 15–25 °С), на экране тепловизора отображается картина состояния ограждающих и теплоизолирующих конструкций.

При тепловизионном обследовании можно обнаружить утечки тепла и дать исчерпывающую информацию о реальном состоянии помещения. Кроме существенной экономии затрат на отопление, устранение дефектов теплоизоляции создает дополнительный комфорт, позволяет продлить период между текущими ремонтами помещений, улучшает микроклимат, а значит и долговечность зданий. По результатам тепловизионного обследования можно делать вывод об общей эффективности утепления наружных стен здания (помещения), применяемых методов теплосбережения (окна, системы вентиляции) и достаточности систем отопления.

Таблица 3.1 – Основные характеристики тепловизора

Параметр	Единицы измерения	Величина
Тип детектора	–	неохлаждаемый
Размер матрицы (количество точек измерения)	пикселей	80 x 80
Тепловая чувствительность (разрешение)	мК	100
Частота обновления кадров	Гц	50
Поле зрения	угл. градусов	17 x 17
Минимальное расстояние фокусировки	м	0,5
Фокусировка	–	ручная
Температурный диапазон объекта	°С	-20... +150 0... +350
Погрешность	°С	±2
	% от показания	±2
Диапазон рабочих температур	°С	-15... +50

Перечень основных приборов, используемых при энергетическом обследовании объектов: тепловизор (рис. 3.1, табл. 3.1), пирометр, контактный

термометр, счетчики и анализаторы электрической энергии, электроизмерительные приборы (мегаомметры, токовые клещи, вольтметры и прочее), люксметр (рис. 3.2, 3.3, табл. 3.2), измеритель плотности теплового потока, измеритель запыленности (аспиратор), анемометр, течеискатель.



Рисунок 3.1 – RGK TL-80

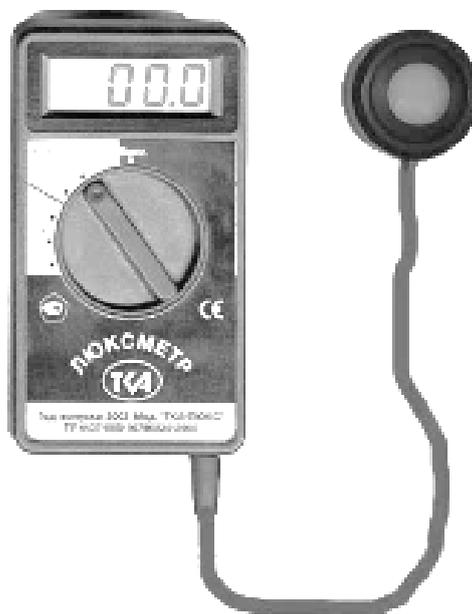
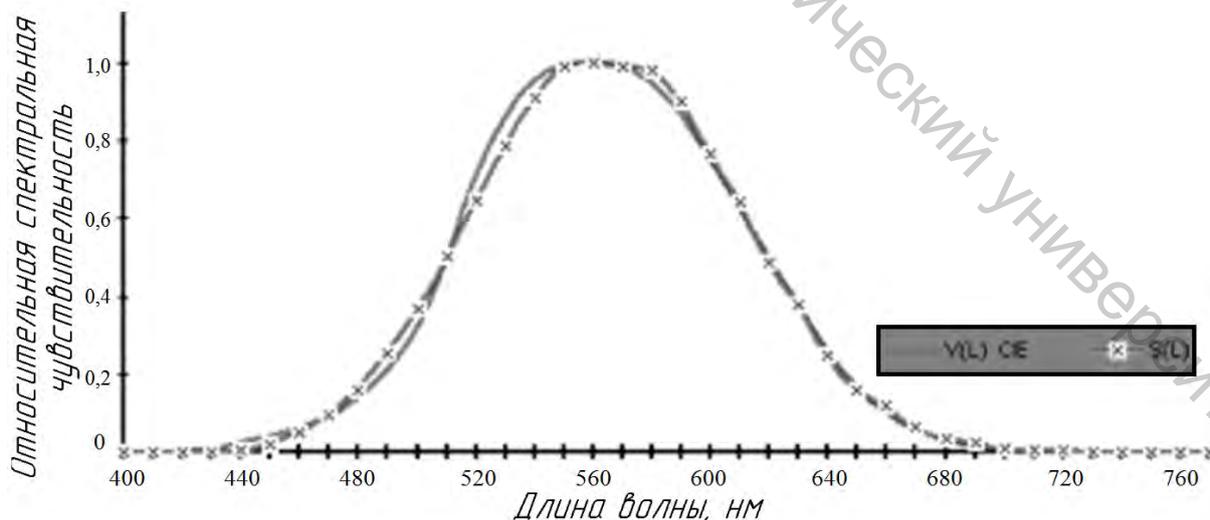


Рисунок 3.2 – Люксметр ТКА

Тепловизор – специальное измерительное устройство, отображающее распределение температуры обследуемой поверхности в инфракрасном спектре.



V(L) CE – спектральная чувствительность человеческого глаза для дневного зрения;
S(L) – относительная спектральная чувствительность люксметра

Рисунок 3.3 – Относительная спектральная чувствительность люксметра ТКА

Таблица 3.2 – Основные характеристики люксметра

Параметр	Единицы измерения	Величина
Диапазон измерений освещенности	лк	1,0...200 000
Рабочая температура	°С	0... +40
Основная относительная погрешность измерений	%, не более	±6,0

Для измерения параметров электрического питания компрессора на установке используется многофункциональный измеритель-анализатор параметров электрической энергии (энергометр) рисунок 3.4.



Рисунок 3.4 – Энергометр

Таблица 3.3 – Основные характеристики энергометра

Параметр	Единицы измерения	Величина
Рабочее напряжение	В	190...270
Рабочая частота напряжения	Гц	45...65
Максимальная сила тока	А	16
Диапазон измерений мощности	Вт	0,5...3680
Диапазон отображений потребленной электроэнергии	кВт*ч	0...9999,99

Прибор включается между питающей розеткой и штекером электрооборудования и измеряет следующие параметры: напряжение [В]; сила тока [А]; мощность (активная) [Вт]; расход электроэнергии [кВт*ч]; коэффициент мощности ($\cos \varphi$).

Методология проведения работ по тепловизионному обследованию зданий

При тепловизионном обследовании несущих и ограждающих конструкций проводятся обзорное термографирование наружной части здания, по которому можно оценить неоднородность теплового поля и выявить участки с нарушенными теплозащитными свойствами.

На основании обзорной термограммы назначаются участки наружной и внутренней поверхностей стены для более детального тепловизионного обследования.

Совместно с тепловизионной съемкой проводятся исследования температурно-влажностного и воздушного режима помещений здания, эти данные будут необходимы при расшифровке полученных с помощью тепловизора термограмм.

На основании термограмм, полученных при выполнении тепловизионной диагностики зданий, можно произвести расчет максимальных, минимальных и средних температур отдельных участков внутренней и наружной поверхностей ограждающей конструкции, с построением температурных профилей обследуемых участков.

Натурные тепловизионные обследования проводят как правило в зимний или осенне-весенний период при разности между температурами внутреннего и наружного воздуха не менее чем $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, по возможности при отсутствии атмосферных осадков, тумана и задымленности. Минимальный температурный перепад, при котором можно проводить достоверные тепловизионные обследования, зависит от предела температурной чувствительности тепловизора и регламентируется стандартами.

При выполнении тепловизионного обследования несущих и ограждающих конструкций зданий необходимо визуально ценить степень однородности поверхности.

По возможности, обследуемые поверхности должны быть очищены от

грязи, плесени, наледи, снега и других налетов, несвойственных материалам исследуемых конструкций.

При не возможности обеспечения этих условий, производится фиксация контуров таких зон на схеме и каждый раз при оценке температурного поля и определения типа дефектов, необходимо уточнять, не вызвана ли та или иная аномалия на термограмме различием в коэффициентах излучения участков поверхности.

Важным фактором, при тепловизионном обследовании ограждающих конструкций зданий и сооружений, является влияние на результат термографической съемки прямого и отраженного солнечного излучения. Для исключения ошибок при расшифровке термограмм, обследуемые наружные поверхности не должны подвергаться воздействию прямого и отраженного солнечного облучения не менее чем в течение 3 часов.

Отчет по результатам тепловизионного обследования несущих и ограждающих конструкций зданий в зависимости от поставленных технических задач может включать в себя следующее:

- определение температурных полей на внутренних и наружных поверхностях ограждающих конструкций, на участках теплопроводных включений, узлов примыканий внутренних и наружных стен, стыковых соединений с целью выявления зон с пониженной температурой, где возможно образование конденсата на поверхности конструкций;
- анализ характера изменения температурного поля и определение коэффициента теплотехнической однородности конструкций;
- мониторинг динамики влажностного режима конструкций в разные сезоны года, установление зоны конденсации влаги и степени влагонакопления в холодный период года, определение влажностного состояния стыковых соединений;
- определение термического сопротивления конструкций, коэффициентов теплоотдачи внутренней и наружной поверхностей и воздухопроницаемости ограждающих конструкций.

Порядок выполнения работы

Обследование теплоизоляции трубопроводов

1. Подготовить тепловизор к работе.
2. Включить питание стенда (QF1).
3. Подключить питание. Собрать схему, как показано на рисунке 3.5.
4. Включить QF4.
5. Включить циркуляционный насос. Открыть краны В1, В2 (см. рис. 2.2, практическая работа 2).
6. Включить водонагреватель в розетку XS4. Включить нагрев водонагревателя.
7. Используя тепловизор, произвести трубопроводов системы отопления без теплоизоляции и с современной теплоизоляцией (рис. 3.6).

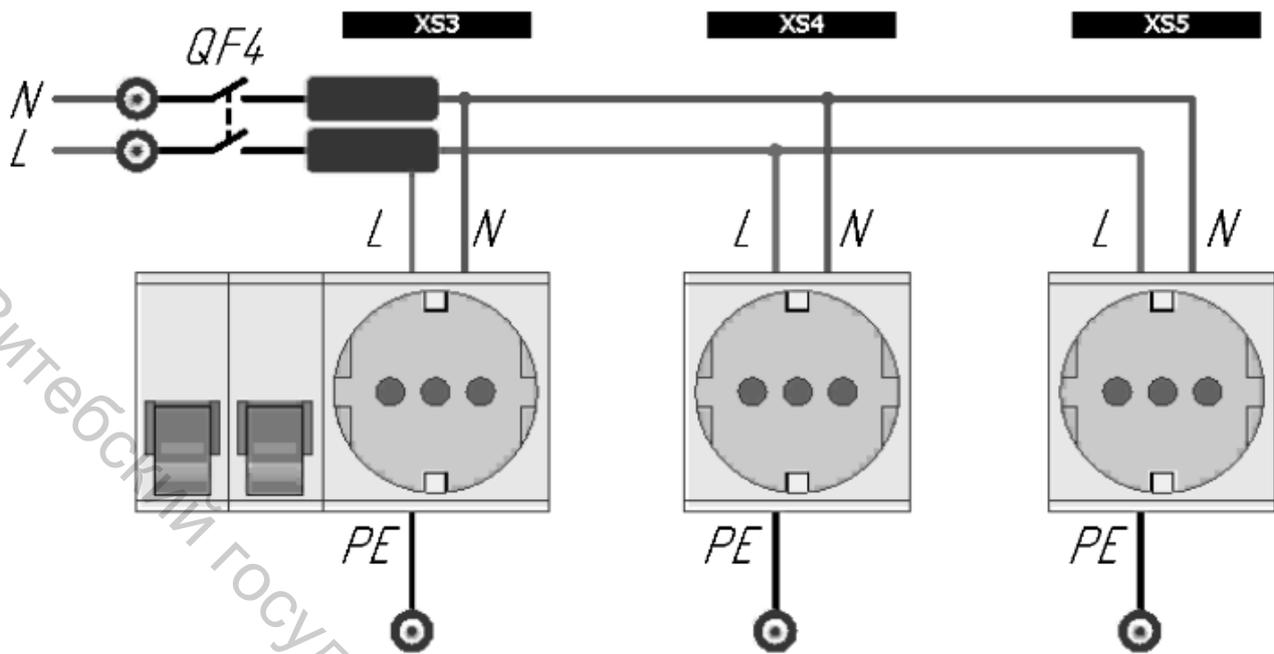


Рисунок 3.5 – Схема подключения стенда к работе

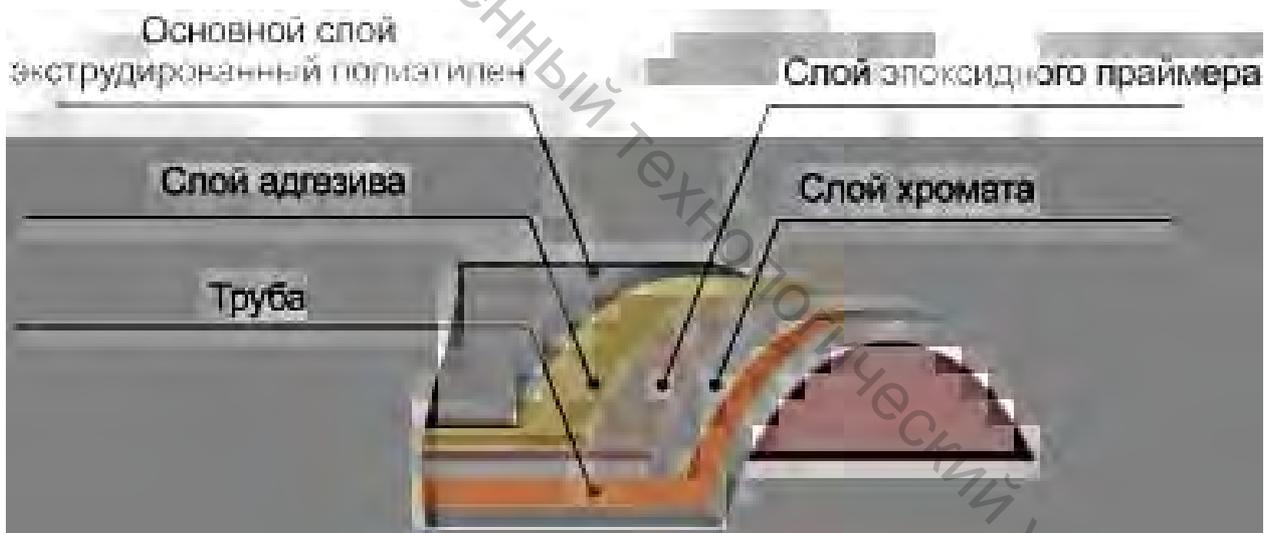


Рисунок 3.6 – Пример современной теплоизоляции труб отопления

8. После завершения работ выключить питание и разобрать схему.

Исследование теплоизоляционных свойств материалов

1. Подготовить тепловизор к работе.
2. Включить питание стенда (QF1). Подключить питание (см. рис. 1.1).
3. Соединить кабелем выходной разъем энергометра и розетки XP1. Собрать схему, как показано на рисунке 1.1 в практической работе 2.
4. Включить QF2. Включить лампу накаливания.
5. Разместить штатив (рис. 3.7) на столешнице напротив лампы.

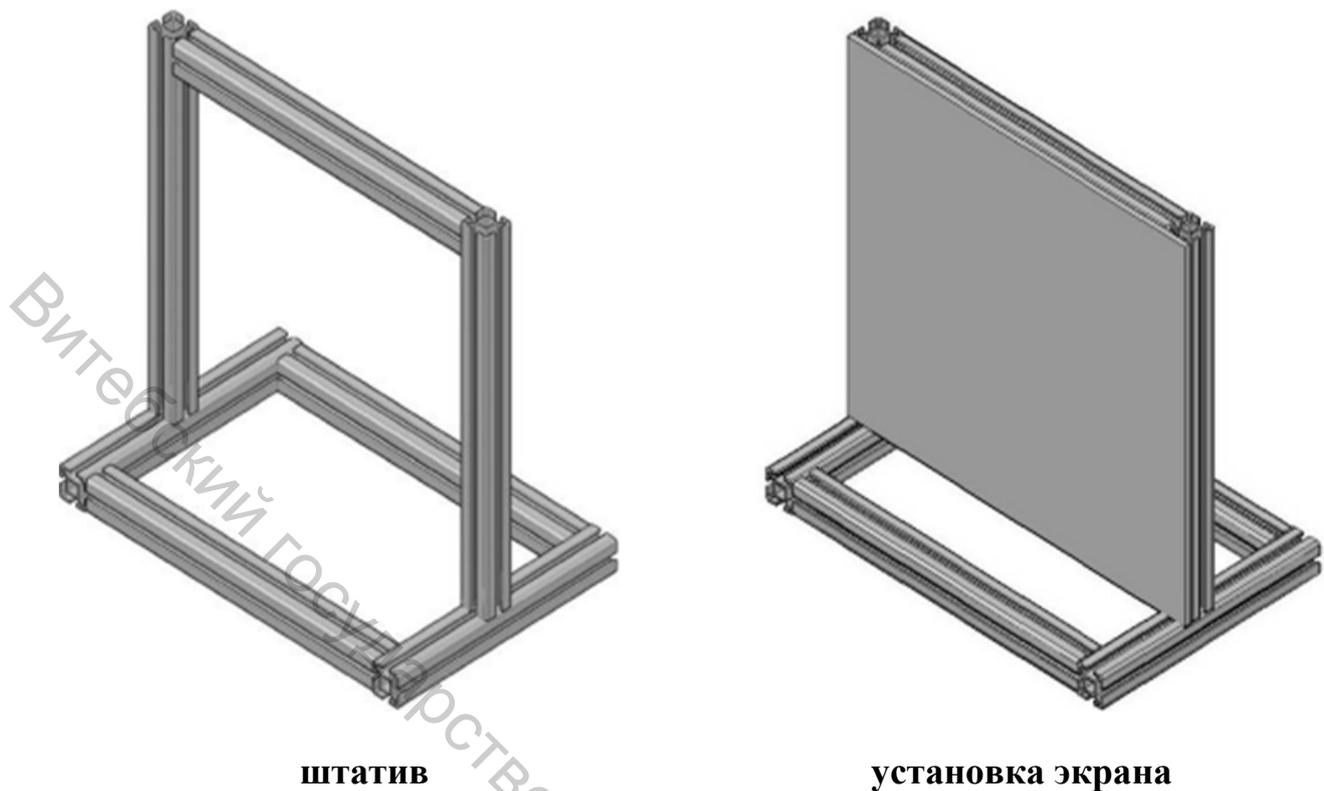


Рисунок 3.7 – Штатив для установки теплоизоляционных экранов

6. Закрепить на штативе один из образцов при помощи струбцин.
7. Произвести термографирование исследуемого образца.
8. Провести опыты с другими образцами или комбинациями образцов.
9. После завершения работ выключить питание и разобрать схемы.

Расчет расхода электроэнергии на перекачку жидкости насосом

Мощность электродвигателя насоса определяется по формуле

$$P = \frac{K_3 \cdot Q \cdot H \cdot \gamma}{102 \cdot 3600 \cdot \eta_n \cdot \eta_{пер}}, \text{ кВт}, \quad (3.1)$$

где K_3 – коэффициент запаса мощности электродвигателя (при $Q \leq 100 \text{ м}^3/\text{ч}$, $K_3 = 1,2 \div 1,3$; при $Q > 100 \text{ м}^3/\text{ч}$, $K_3 = 1,1 \div 1,15$); Q – производительность насоса, $\text{м}^3/\text{ч}$; H – полный напор с учетом высоты всасывания, м. вод. ст.; γ – плотность жидкости, $\text{кг}/\text{м}^3$ (плотность воды $\gamma = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$); η_n – КПД насоса; $\eta_{пер}$ – КПД передачи определяется из нижеприведенной таблицы 3.4.

Таблица 3.4 – КПД передачи

Тип передачи	Значение КПД
Насадка на вал электродвигателя	1,0
Ременная	0,94–0,98
Муфтовая	0,97–0,99
Редукторная	0,88–0,96

Удельный расход электроэнергии для любого режима работы насоса равен

$$\mathcal{E}_n = 0,00272 \cdot \frac{H}{\eta_n \cdot \eta_{\text{пер}}}, \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^3. \quad (3.2)$$

где H – действительный напор, развиваемый насосом при данном режиме работы, м.вод.ст.; η_d – КПД электродвигателя; η_n – КПД насоса.

Расчет расхода электроэнергии на выработку сжатого воздуха

Удельный расход электроэнергии на выработку 1000 м³ сжатого воздуха по компрессорной установке составит

$$\mathcal{E}_{\text{х.у.}} = \mathcal{E}_{\text{пр}} + \mathcal{E}_{\text{охл}}, \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{тыс. м}^3. \quad (3.3)$$

Удельный расход электроэнергии на привод компрессора определяется

$$\mathcal{E}_{\text{пр}} = 0,00272 \cdot \frac{L_{\text{из}} \cdot a_n}{\eta_{\text{из}} \cdot \eta_d \cdot \eta_{\text{пер}}}, \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{тыс. м}^3, \quad (3.4)$$

где $L_{\text{из}}$ – работа сжатия, кгм; a_n – поправочный коэффициент на средние значения температуры и барометрического давления воздуха во всасывающем патрубке; $\eta_{\text{из}}$ – изотермический КПД компрессора, определяемый по данным испытаний компрессора; η_d – КПД электродвигателя; $\eta_{\text{пер}}$ – КПД передачи.

Работа изотермического сжатия компрессора определяется по формуле

$$L_{\text{из}} = 23000 \cdot P_1 \cdot V_1 \cdot \lg \frac{P_2}{P_1}, \text{ кгм}, \quad (3.5)$$

где P_1 – абсолютное давление всасывания (определяется по манометру, атм);

V_1 – начальный всасываемый объем воздуха, равный 1 м^3 ; P_2 – абсолютное давление сжатия, атм.

Поправочный коэффициент a_n определяется по формуле

$$a_n = \frac{1,205}{\gamma_d}, \quad (3.6)$$

где γ_d – удельный вес всасываемого воздуха в действительных условиях, $\text{кг}/\text{м}^3$.

$$\gamma_d = \frac{0,465 \cdot B_{\text{ср}}}{273 + t_{\text{ср}}}, \text{ кг}/\text{м}^3, \quad (3.7)$$

где $B_{\text{ср}}$ – среднее барометрическое давление во всасывающем патрубке, мм. рт. ст.; $t_{\text{ср}}$ – средняя температура всасываемого воздуха для периода нормирования, $^{\circ}\text{C}$.

В практических условиях на найденную исходную величину удельного расхода электроэнергии необходимо вносить ряд поправок. Эти поправки должны учитываться следующими коэффициентами:

а) коэффициентом, учитывающим износ компрессора. Для новых компрессоров он равен 1,0; для старых машин поршневого и ротационного типов – не ниже 1,1; для турбокомпрессоров – не ниже 1,05.

б) коэффициентом, учитывающим конечное давление сжатия;

в) поправочным коэффициентом, учитывающим степень загрузки компрессора, принимаемым по таблице 3.5.

Степень загрузки компрессора называется отношение количества воздуха, подаваемого компрессором, в единицу времени к его паспортной производительности за это время. Степень загрузки компрессора должна быть не ниже 90 %.

Удельный расход электроэнергии на охлаждение компрессора определяется по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{охл}} = 0,00272 \cdot \frac{H \cdot Q_{\text{в}}}{\eta_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{пер}}}, \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{тыс. м}^3, \quad (3.8)$$

где H – напор воды, включая и высоту всасывания, м. вод. ст.; $Q_{\text{в}}$ – часовой расход воды, л/ч (количество воды, идущей на охлаждение, замеряется счетчиком). Для компрессоров производительностью до $10 \text{ м}^3/\text{мин}$ расход воды равен 4,5–5 л на 1 м^3 всасываемого воздуха; для компрессоров производительностью свыше $10 \text{ м}^3/\text{мин}$ – 3,5–4,5 л на 1 м^3 всасываемого воздуха; $\eta_{\text{н}}$ – КПД насоса

(принимается по паспортным данным); η_d – КПД электродвигателя насоса;
 $\eta_{пер}$ – КПД передачи от электродвигателя к насосу (см. табл. 3.4).

Таблица 3.5 – Поправочные коэффициенты, учитывающие степень загрузки компрессора

Типы компрессоров	Поправочный коэффициент при загрузке, %							
	100	90	80	70	60	50	40	30
Поршневые с регулированием путем подключения дополнительных вредных пространств	1,0	1,03	1,04	1,08	1,12	1,16	1,22	1,31
Поршневые с регулированием на холостой ход и ротационные компрессоры	1,0	1,03	1,08	1,11	1,16	1,23	1,32	–
Турбокомпрессоры с дроссельным регулированием	1,0	1,05	1,09	1,15	1,15	–	–	–

Расчет расхода электроэнергии электросварочными установками

Расход электроэнергии на сварку в общем виде определяются по формуле

$$\mathcal{E}_{св} = \frac{U \cdot J \cdot T}{\eta \cdot 1000} + P_{х.х.}(\tau - T), \text{ кВт} \cdot \text{ч}, \quad (3.9)$$

где U – напряжение сварочной дуги, принимаемое по технологическому режиму, В; J – сила тока (определяется замером или по технологическому режиму), А; T – время горения дуги, ч; η – КПД источника питания дуги (определяется по паспортным данным); $P_{х.х.}$ – мощность холостого хода источника питания дуги (определяется опытным путем). При сварке на переменном токе расход электроэнергии на холостой ход незначителен и им можно пренебречь), кВт; τ – полное время работы источника дуги (определяется расчетом), ч.

Время горения дуги для наплавки 1 кг металла определяется по формуле

$$T = \frac{1000}{j \cdot k_H}, \text{ ч}, \quad (3.10)$$

где k_H – коэффициент наплавки, представляющий собой количество металла в граммах, наплавляемого за 1 час горения дуги при $J = 1 \text{ А}$ (при электросварке на переменном токе электродами с толстым покрытием $k_H = 6 - 18 \text{ г/(А·ч)}$, при автоматической электросварке под флюсом $k_H = 11 - 24 \text{ г/(А·ч)}$).

Расход электроэнергии при ручной дуговой электросварке определяется на 1 кг наплавляемого металла по формуле

$$\mathcal{E}_p = \frac{U \cdot C_x}{\eta \cdot k_H}, \text{ кВт·ч}, \quad (3.11)$$

где C_x – коэффициент, учитывающий потери холостого хода источника питания (при переменном токе и при питании аппарата через сварочный трансформатор и отключении его на холостом ходу коэффициент C_x может быть принят равным 1; на постоянном ходе $C_x = 1,17$).

Вес наплавленного металла подсчитывается по формуле

$$P_H = F \cdot L \cdot \gamma, \text{ кг}, \quad (3.12)$$

где F – площадь поперечного сечения шва, см^2 ; L – длина шва, см ; γ – удельный вес наплавленного металла (для малоуглеродистых сталей $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$).

Таблица 3.6 – Удельный расход электроэнергии при ручной дуговой электросварке, автоматической и полуавтоматической, электрошлаковой сварке

Род тока и способ сварки	Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/кг
<i>Переменный ток</i>	
Ручная дуговая сварка:	
– однофазная схема	3,5–3,8
– трехфазная схема	2,65–3,0
Автоматическая и полуавтоматическая сварка под флюсом	2,8–3,5
Электрошлаковая сварка	1,8–2,4

Окончание таблицы 3.6

Постоянный ток	
Ручная дуговая сварка:	
однопостовая	5,0–6,5
многопостовая	8,0–9,0
Автоматическая и полуавтоматическая сварка под флюсом	4,2–6,0
Автоматическая и полуавтоматическая сварка в среде углекислого газа	2,2–3,2

Расход электроэнергии на точечную сварку определяется на сварку для одной точки по формуле

$$\mathcal{E}_m = \frac{U_m \cdot J_m \cdot \cos \varphi \cdot \eta \cdot T_{св}}{1000 \cdot 3600}, \text{ кВт} \cdot \text{ч}, \quad (3.13)$$

где U_m – напряжение холостого хода по ступеням во вторичном контуре сварочной машины, В (для укрупненных расчетов можно принять: при сварке черных металлов $U_m = 3$ В; при сварке цветных металлов $U_m = 10$ В); J_m – сварочный ток, А (определяется из карт технологического процесса); $\cos \varphi$ – коэффициент мощности машины (может быть принят 0,6 для стационарных машин и 0,3 для переносных); η – КПД сварочного трансформатора (принимается по паспортным данным); $T_{св}$ – время сварки одной точки, с (находится из карт технологического процесса).

Ниже приведены удельные расходы электроэнергии при различных видах сварки.

Таблица 3.7 – Удельный расход электроэнергии при стыковой сварке оплавлением

Площадь поперечного сечения в месте сварки, мм ²	Расход электроэнергии на сварку одного стыка, кВт·ч
100	0,024
200	0,06
300	0,06
500	0,125
1000	0,4
1500	0,825
2000	1,275
2500	1,725

Таблица 3.8 – Удельный расход электроэнергии при точечной сварке на автоматических машинах

Суммарная толщина свариваемых листов, мм	Расход электроэнергии на 100 точек, кВт·ч
2	0,04
4	0,08
6	0,13
8	0,23
10	0,38
12	0,62

Расчет расхода электроэнергии на работу металлообрабатывающего оборудования

Удельный расход электроэнергии на работу металлообрабатывающего оборудования определяется по формуле

$$\mathcal{E}_M = \frac{1,1 \cdot k_{и.о.} \cdot k_c \cdot \sum P_M \cdot T}{\cos \varphi \cdot \Pi}, \text{ кВт}\cdot\text{ч/ед.прод.}, \quad (3.14)$$

где 1,1 – коэффициент, учитывающий потери в сетях; $k_{и.о.}$ – коэффициент использования оборудования; k_c – коэффициент спроса; $\sum P_M$ – суммарная установленная мощность металлообрабатывающего оборудования, кВт; T – время работы металлообрабатывающего оборудования за нормируемый период, ч; $\cos \varphi$ – коэффициент мощности; Π – выпуск продукции за нормируемый период.

Таблица 3.9 – Удельный расход электроэнергии при роликовой электросварке деканированной стали

Суммарная толщина свариваемых листов, мм	Расход электроэнергии на 1 м шва, кВт·ч
0,5	0,04–0,08
1	0,08–0,14
1,5	0,1–0,2
2	0,12–0,24
3	0,25–0,5
4	0,5–1,0

Таблица 3.10 – Значения коэффициентов

Электроприемники	Коэффициент использования мощности $k_{и.о.}$	Коэффициент мощности $\cos \varphi$	Коэффициент спроса k_c
<i>Металлорежущие станки</i>			
мелкосерийного производства с нормальным режимом работы (мелкие токарные, строгальные, долбежные, фрезерные, сверлильные, карусельные и др.)	0,12	0,4	0,14
крупносерийного производства при тяжелом режиме работы (штамповочные прессы, автоматы, револьверные, обдирочные, зубофрезерные, а также крупные токарные строгальные, фрезерные, карусельные и расточные станки)	0,16	0,5	0,2
Переносной электрический инструмент	0,06	0,5	0,1
Сварочные трансформаторы для ручной сварки	0,3	0,35	0,35
Мелкие нагревательные приборы	0,6	1,0	0,7

Расчет расхода электроэнергии на работу деревообрабатывающего оборудования

Удельный расход электроэнергии рамными пилами определяется по формуле

$$\mathcal{E}_{р.п.} = \frac{k_{р.п.} \cdot b \cdot \sum l \cdot n \cdot T}{102 \cdot 60 \cdot 1000 \cdot \eta_{пер} \cdot P}, \text{ кВт} \cdot \text{ч/продукция}, \quad (3.15)$$

где $k_{р.п.}$ – удельное сопротивление резанию рамными пилами, в зависимости от скорости подачи на зуб, кг/мм² (для хвойных пород в соответствии с приведенной ниже таблице 3.11); b – ширина пропила, мм; $\sum l$ – суммарная высота пропила всего постава, мм; n – скорость вращения вала лесопильной рамы, об/мин; T – время работы пилорамы за нормируемый период, ч; $\eta_{пер}$ – КПД передачи; P – выпуск продукции за нормируемый период.

Таблица 3.11 – Значение коэффициента $k_{р.п.}$ для хвойных пород

Скорость резания v , мм/с	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
Удельное сопротивление резанию, $k_{р.п.}$, кг/мм ²	6,1	6,2	6,4	6,6	6,9	7,3	8,0	9,1

Удельный расход электроэнергии электрорубанком определяется по формуле

$$\mathcal{E}_{р.п.} = \frac{k_{р.э.} \cdot b \cdot H \cdot v \cdot T}{102 \cdot 60 \cdot \eta_{пер} \cdot \Pi}, \text{ кВт} \cdot \text{ч/продукция}, \quad (3.16)$$

где $k_{р.э.}$ – удельное сопротивление резанию при строгании, кг/мм² (для электрорубанка рекомендуется $k_{р.э.} = 3$ кг/мм²); b – ширина строгания электрорубанка, мм; H – глубина строгания, мм; v – скорость подачи, м/мин; T – время работы электрорубанка за нормируемый период, час; $\eta_{пер}$ – КПД передачи; Π – выпуск продукции за нормируемый период.

Удельный расход электроэнергии фрезерным станком определяется по формуле

$$\mathcal{E}_{ф.} = \frac{k_{р.ф.} \cdot b \cdot l_1 \cdot v \cdot T}{102 \cdot \eta_{пер} \cdot \Pi}, \text{ кВт} \cdot \text{ч/продукция}, \quad (3.17)$$

где $k_{р.ф.}$ – удельное сопротивление резанию при фрезеровании, кг/мм² (для электрорубанка рекомендуется $k_{р.ф.} = 1,5 - 2$ кг/мм²); b – ширина фрезерования, мм; l_1 – толщина срезаемого слоя коры и древесины, мм; v – скорость подачи, мм/с; T – время работы фрезерного станка за нормируемый период, час; Π – выпуск продукции за нормируемый период.

Расчет потерь электроэнергии в трансформаторах и электрических сетях

Потери электроэнергии в трансформаторах определяются как сумма потерь в магнитопроводе и потерь в обмотках трансформатора

$$\mathcal{E}_{тр} = \Delta P_c + \Delta P_{х.з.} \cdot \left(\frac{S_{см}}{S_H} \right)^2 \cdot \tau, \text{ кВт} \cdot \text{ч}, \quad (3.18)$$

где ΔP_c – потери в стали (магнитопроводе) трансформатора, приведены в паспорте трансформатора, кВт; $\Delta P_{x.з.}$ – потери в обмотках, приведены в паспорте трансформатора, кВт; S_n – номинальная (паспортная) мощность трансформатора, кВА; S_{cm} – среднесменная нагрузка трансформатора, кВА; τ – время потерь, представляет собой расчетное время, в течение которого трансформатор, нагруженный постоянной максимальной нагрузкой, имеет те же потери электроэнергии, что и при работе с действительной (изменяющейся) нагрузкой, час.

Время потерь выбирается в зависимости от времени использования максимума нагрузки T_{max} (табл. 3.12).

Таблица 3.12 – Время потерь от времени использования максимума нагрузки T_{max}

T_{max} , час	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000
T , час	100	1400	2000	3000	4400	6000	7500

Потери электроэнергии в трехфазных сетях

$$\mathcal{E}_c = 3 \cdot I_{max}^2 \cdot R \cdot \tau, \text{ кВт}\cdot\text{ч}, \quad (3.19)$$

где R – сопротивление линии (активное одной фазы), Ом; I_{max} – максимальный ток линии, А.

Входящие в формулу величины R и I_{max} в свою очередь определяются

$$R = R_0 \cdot l, \text{ Ом}; \quad (3.20)$$

$$I_{max} = \frac{\mathcal{E}_a}{T_m \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi \cdot \sqrt{3}}, \text{ А}, \quad (3.21)$$

где l – длина линии, км; R_0 – сопротивление 1 км линии, Ом; $U_{ном}$ – номинальное напряжение линии, кВ; $\cos \varphi$ – коэффициент мощности токоприемника, на который работает линия; \mathcal{E}_a – переданная линией мощность в расчетный период времени, кВт.ч.

Переданная линией мощность определяется по счетчикам коммерческого или технического учета, установленными в конце линии. Длина линии принимается по акту приемки в эксплуатацию. Величина сопротивления одного километра линии определяется по таблице 3.13.

Таблица 3.13 – Активное сопротивление 1 км линии

трехжильные кабели 0,4 кВ; 10 кВ									
Сечение жилы, мм ²	10	16	25	35	50	70	95	120	150
Алюминий, Ом/км	3,12	1,95	1,25	0,894	0,625	0,447	0,329	0,261	0,208
Медь, Ом/км	1,84	1,16	0,74	0,53	0,37	0,265	0,206	0,154	0,124
воздушные линии 0,4 кВ; 10 кВ									
Сечение провода, мм ²	А35		А50		А70		А95		А120
Алюминий, Ом/км	3,12		1,95		1,25		0,894		0,625
воздушные линии 0,4 кВ; 10 кВ									
Сечение провода, мм ²	АС-16	АС-25	АС-35	АС-50	АС-70	АС-95			
Сталь-алюминий, Ом/км	2,06	1,38	0,85	0,65	0,46	0,23			

Расчет calorийности сжигаемого в котельных торфа в зависимости от влажности и зольности торфа

Элементарный состав горючей массы фрезерного торфа, как правило, незначительно меняется в зависимости от месторождения. Для Беларуси его можно принимать следующим: $C^p = 58\%$, $H^p = 5,5\%$, $S^p = 0,4\%$, $(N + O)^p = 36,1\%$.

Теплотворная способность на горючую массу можно принимать в расчетах $Q_r^H = 5240 - 5700$ ккал/кг.

Пересчет на рабочую массу производится по общепринятым формулам с учетом влажности и зольности

$$Q_p^H = Q_r^H \cdot \frac{100 - \omega(\%) - A_c(\%) - 6\omega(\%)}{100}, \text{ ккал/кг}, \quad (3.22)$$

где ω – влажность сжигаемого в котлах торфа, %; A_c – зольность сжигаемого в котлах торфа, %.

Расчет расхода тепловой энергии на отопление

Максимальный часовой расход тепла на отопление определяется по формуле

$$Q_{\text{быт}} = q_0 \cdot k_c \cdot V_n \cdot (t_b - t_{\text{н.о.}}), \text{ ккал/ч}, \quad (3.23)$$

где q_0 – средние удельные отопительные характеристики зданий, ккал/м³·ч·°С; k_c – поправочный коэффициент, учитывающий зависимость рас

хода тепла от рода и вида системы отопления (для паровоздушного или воз-

душного отопления $k_c = 1,07$; для водяного с местными нагревательными приборами $k_c = 1,15$; для парового низкого давления по закрытой системе $k_c = 1,33$); V_n – объем здания по наружному обмеру, m^3 ; t_b – средняя температура воздуха в здании, $^{\circ}C$; $t_{н.о.}$ – расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления, $^{\circ}C$;

Таблица 3.14 – Теплотери через ограждающие конструкции отдельных зданий

Здания	Объем зданий, тыс m^3	Удельные тепловые характеристики, $ккал/m^3 \cdot ч \cdot ^{\circ}C$	
		для отопления	для вентиляции
Пожарные депо	до 2	0,48	0,14
	2–5	0,46	0,09
	более 5	0,45	0,09
Гаражи	2	1,1	1,15
	3	0,96	1,06
	5	0,9	1,0
	10	0,83	0,9
	15	0,8	0,86
	20	0,78	0,82
	30	0,72	0,74
	40	0,68	0,65
	50	0,62	0,55
Деревообработка	до 5	0,6–0,55	0,6–0,5
	5–10	0,55–0,45	0,6–0,45
	10–50	0,45–0,4	0,45–0,4
Ремонтные	5–10	0,6–0,5	0,2–0,15
	10–20	0,5–0,45	0,15–0,1
Паровозные депо	до 5	0,7–0,65	0,4–0,3
	5–10	0,65–0,6	0,3–0,25
Компрессорные станции	1	0,6	–
	3	0,55	–
	5	0,50	–
	10	0,35	–
Кислородные станции	1	1	–

Окончание таблицы 3.14

Бытовые и административно-вспомогательные помещения	0,5–1	0,6–0,45	–
	1–2	0,45–0,4	–
	2–5	0,4–0,33	0,14–0,12
	5–10	0,33–0,3	0,12–0,11
	10–20	0,3–0,25	0,11–0,1
Цеха металлоконструкций	50–100	0,38–0,35	0,53–0,45
	100–150	0,35–0,3	0,45–0,35
Механосборочные, механические и слесарные отделения инструментальных цехов	5–10	0,55–0,45	0,4–0,25
	10–50	0,45–0,4	0,25–0,15
	50–100	0,4–0,38	0,15–0,12
	100–200	0,38–0,35	0,12–0,08

Таблица 3.15 – Средние расчетные температуры воздуха внутри отапливаемых помещений (СНиП «Тепловые сети»)

Назначение здания	Температура внутреннего воздуха, $t_{в}$, °С
Жилые здания, гостиницы, общежития, административные здания	18
Учебные заведения, школы, лаборатория, общепиты, клубы, дома культуры	16
Театры, магазины, прачечные, пожарные депо	15
Гаражи	10
Детские ясли, сады, поликлиники, амбулатории, больницы	20
Бани	25

Средний часовой расход тепла определяется

$$Q_{от.ср.}^{час} = Q_{быт} \cdot \frac{(t_{в} - t_{н.ср.})}{(t_{в} - t_{н.о.})} = q_0 \cdot k_0 \cdot V_n \cdot (t_{в} - t_{н.ср.}), \text{ ккал/ч,} \quad (3.24)$$

где $t_{н.ср.}$ – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °С.

Расчет потерь тепловой энергии в трубопроводах пара и горячей воды (отраслевая методика концерна «Белтонгаз»)

Суммарные тепловые потери теплопровода в зависимости от способа прокладки определяются по следующим формулам:

– для участков подземной прокладки

$$Q_{\text{н}}^{\text{ср.г}} = S \cdot q^{\text{н}} \cdot l \cdot \beta \cdot T; \quad (3.25)$$

– для участков надземной прокладки

$$Q_{\text{н.п.}}^{\text{ср.г}} = S \cdot q^{\text{н.п.}} \cdot l \cdot \beta \cdot T; \quad (3.26)$$

$$Q_{\text{н.о.}}^{\text{ср.г}} = S \cdot q^{\text{н.о.}} \cdot l \cdot \beta \cdot T, \quad (3.27)$$

где $q^{\text{н}}$ – нормативные значения удельных тепловых потерь подающего и обратного трубопроводов при подземной прокладке для каждого диаметра труб, ккал/м·ч; $q^{\text{н.п.}}$, $q^{\text{н.о.}}$ – нормативные значения удельных тепловых потерь соответственно подающего и обратного трубопроводов для каждого диаметра труб при надземной прокладке; T – часы работы системы отопления в году, час; l – длина теплопровода одинакового диаметра и одного типа прокладки, м; β – коэффициент местных потерь тепла (потери арматуры, опор и компенсаторов). Значение коэффициента принимается в соответствии со СНиП «Тепловые сети. Нормы проектирования» принимают: для бесканальной прокладки $\beta = 1,15$; для канальной $\beta = 1,2$; для подземной прокладки $\beta = 1,25$.

Таблица 3.16 – Нормы плотности теплового потока для двухтрубных водяных тепловых сетей при прокладке в непроходных каналах

Условный диаметр трубопровода, мм	Нормы плотности теплового потока для двухтрубных водяных тепловых сетей при прокладке в непроходных каналах, ккал/м·ч						
	Для обратной линии с.г. $t=50$ °С	Для подающей линии с.г. $t=65$ °С	Суммарная для 2-трубной прокладки	Для подающей линии с.г. $t=90$ °С	Суммарная для 2-трубной прокладки	Для подающей линии с.г. $t=110$ °С	Суммарная для 2-трубной прокладки
32	20	25	45	32	52	38	58

Окончание таблицы 3.16

57	25	31	56	40	65	47	72
76	29	35	64	45	74	53	82
89	31	38	69	49	80	57	88
108	34	42	76	54	88	62	96
159	42	52	94	65	107	75	117
219	51	62	113	79	130	91	142
273	60	72	132	90	150	103	163
377	76	-	-	107	183	126	202
426	82	-	-	121	203	137	219
478	91	-	-	132	223	150	241

Примечания.

1. Расчетные среднегодовые температуры воды в водяных тепловых сетях 65, 90, 110 °С соответствуют температурным графикам 95–70, 150–70, 180–70 °С.

2. Промежуточные значения норм плотности теплового потока определяются интерполяцией.

Таблица 3.17 – Нормы плотности теплового потока для двухтрубных водяных тепловых сетей при подземной бесканальной прокладке

Условный диаметр трубопровода, мм	Нормы плотности теплового потока для двухтрубных водяных тепловых сетей при подземной бесканальной прокладке, ккал/м ч								
	Для подающей линии с.г. $t=65$ °С	Для обратной линии с.г. $t=50$ °С	Суммарная для 2-трубной прокладки	Для подающей линии с.г. $t=90$ °С	Для обратной линии с.г. $t=50$ °С	Суммарная для 2-трубной прокладки	Для подающей линии с.г. $t=110$ °С	Для обратной линии с.г. $t=50$ °С	Суммарная для 2-трубной прокладки
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
32	19	16	35	27	16	43	31	16	47
57	24	20	44	33	20	53	38	19	57
76	26	22	48	35	22	57	42	21	63
89	28	23	51	37	23	60	44	22	66

Окончание таблицы 3.17

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
108	30	25	54	40	25	65	47	24	71
133	33	28	61	44	28	72	52	27	79
159	35	31	66	47	29	76	56	29	85
219	41	40	81	61	40	101	71	39	110
273	54	46	100	68	44	112	79	44	123
325	60	51	111	75	50	125	88	49	137
377	–	–	–	83	54	137	95	53	148
426	–	–	–	88	58	146	101	57	158
478	–	–	–	93	62	155	108	61	169

Примечания.

1. Расчетные среднегодовые температуры воды в водяных тепловых сетях 65, 90, 110 °С соответствуют температурным графикам 95–70, 150–70, 180–70 °С.

2. Промежуточные значения норм плотности теплового потока определяются интерполяцией.

Таблица 3.18 – Нормы плотности теплового потока для теплопроводов, расположенных на открытом воздухе

Условный диаметр трубопровода, мм	Нормы плотности теплового потока для теплопроводов, расположенных на открытом воздухе, ккал/м*ч, при средней температуре теплоносителя, °С					
	50	65	75	100	125	150
48	17	20	23	28	36	44
57	19	24	26	33	41	49
76	21	26	29	37	47	56
89	24	29	33	41	51	61
108	26	32	36	46	57	67
133	30	36	41	51	63	74
159	33	40	45	57	70	82
219	40	49	55	70	85	99
273	46	56	63	79	95	110
325	53	64	71	88	105	122
377	59	71	79	98	117	135
426	65	77	86	106	127	147
476	70	84	93	115	136	156

Примечания.

1. Нормы плотности теплового потока определены при средней расчетной температуре окружающей среды за период работы +5 °С.

2. Промежуточные значения норм плотности теплового потока определяются интерполяцией.

Таблица 3.19 – Нормы плотности теплового потока для теплопроводов, расположенных внутри помещений

Условный диаметр трубопровода, мм	Нормы плотности теплового потока для теплопроводов, расположенных внутри помещений, ккал/м·ч, при средней температуре теплоносителя, °С				
	50	75	100	125	150
1	2	3	4	5	6
32	12	20	28	35	43
48	13	22	31	40	49
57	14	23	32	43	53
76	15	26	37	49	58
89	16	27	39	52	62
108	22	34	45	57	68
133	27	40	53	65	76
159	31	45	60	72	84
194	35	50	66	80	93
219	38	52	70	85	100
273	42	59	78	95	111
325	45	61	85	104	122

Примечания.

1. Нормы плотности теплового потока определены при средней расчетной температуре окружающей среды +25 °С.

2. Промежуточные значения норм плотности теплового потока определяются интерполяцией.

Потери тепловой энергии в неизолированных трубопроводах определяют по формуле

$$Q_{\text{н}}^{\text{сп.г}} = l_{\text{н.из.}} \cdot \pi \cdot d_{\text{н}} \cdot \alpha \cdot (t^{\text{г}} - t^{\text{oc}}) \cdot T, \quad (3.28)$$

где $l_{\text{н.из.}}$ – длина неизолированного трубопровода, м; $d_{\text{н}}$ – наружный диаметр трубопровода, м; $t^{\text{г}}$ – температура поверхности трубопровода, можно принять равной температуре теплоносителя, °С; t^{oc} – температура окружающей среды,

°С; T – часы работы системы отопления в году, час; α – коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности теплопровода, ккал/м³·°С, определяется по формуле

$$\alpha = 8 \cdot 0,04 \cdot t + 6\sqrt{W}, \quad (3.29)$$

где W – вынужденная конвекция воздуха принята 4,3 м/с; t – температура излучающей поверхности (температура теплоносителя), °С.

Витебский государственный технологический университет

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ К ЗАЩИТЕ

1. Пассивные и активные, прямые и косвенные методы энергосбережения.
2. Энергосбережение, основные мероприятия по рациональному использованию ТЭР.
3. Энергетический менеджмент, его цели и основные элементы.
4. Возобновляемые источники энергии, их особенности и практическое значение для Беларуси.
5. Транспорт теплоты и электрической энергии.
6. Вторичные энергоресурсы (ВЭР). Выход ВЭР, возможная выработка энергии за счет ВЭР.
7. Эффективное использование электроэнергии. Искусственное освещение.
8. Приближенный метод расчета потерь тепла в зданиях и сооружениях.
9. Основные направления повышения эффективности использования энергии в зданиях.
10. Экологические аспекты энергосбережения.
11. Формы учета энергии.
12. Регулирование потребления энергии. Энергометр.
13. Энергетический менеджмент, его функции.
14. Энергетический аудит, цели и задачи.
15. Тепловизор. Назначение и устройство. Основные характеристики.
16. Энергоаудит систем отопления. Термографирование.
17. Дефекты и неисправности электрооборудования, выявляемые при термографировании.
18. Понятие энергетического паспорта промышленного объекта. Структура расчетно-пояснительной записки к энергетическому паспорту.
19. Характеристика схем совместного присоединения систем отопления и горячего водоснабжения и основные контролируемые параметры в этих системах при проведении инструментального обследования.
20. Схема проведения энергетического аудита.
21. Классификация энергосберегающих мероприятий и технологий.
22. Энергетические балансы предприятий, их виды.
23. Энергоэкономические показатели.
24. Поток излучения, единицы измерения.
25. Плотность потока излучения (энергетическая освещенность), единицы измерения.
26. Световой поток, единицы измерения.
27. Освещенность, единицы измерения. Приборы для измерения освещенности.
28. Относительная спектральная чувствительность люксметра.
29. От каких величин зависит освещенность?
30. Тепловое излучение. От какого вида источников оно получается?
31. Люминесцентное излучение. От каких источников оно получается?

32. Основные виды электрических источников света.

33. Принцип действия ламп накаливания. Основные недостатки и достоинства ламп накаливания.

34. Конструкция и принцип действия люминесцентной лампы.

35. С помощью каких характеристик можно сравнивать эффективность различных источников света?

36. КПД источников света.

Витебский государственный технологический университет

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Жаркова, О. Н. Энергосбережение и энергетический менеджмент : учеб.-метод. комплекс для студентов спец. 1-36 07 01 «Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов» / О. Н. Жаркова. – Новополоцк : ПГУ, 2010. – 248 с.
2. Основы энергосбережения: учебное пособие / Б. И. Врублевский [и др.]; под ред. Б. И. Врублевского. – Гомель : ЧУП «ЦНТУ «Развитие», 2002. – 190 с.
3. Кравченя, Э. М. Охрана труда и основы энергосбережения : учеб. пособие / Э. М. Кравченя, Р. Н. Козел, И. П. Свирид. – 3-е изд. – Минск : Технопринт, 2004. – 127 с.
4. Андрижиевский, А. А. Энергосбережение и энергетический менеджмент: учеб. пособие / А. А. Андрижиевский, В. И. Володин. – 2-е изд., испр. – Минск : Вышэйшая школа, 2005. – 294 с.
5. Ольшанский, А. И. Основы энергосбережения : курс лекций / А. И. Ольшанский, В. И. Ольшанский, Н. В. Беляков. – Витебск: УО «ВГТУ», 2007. – 223 с.
6. Методическое руководство по проведению энергетического аудита в жилых зданиях: справочное пособие / исполн.: Альфио Галата. – Минск, 2015. – 160 с.

ИНФОРМАЦИЯ О ДОСТУПЕ К ВИРТУАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ УО «ВГТУ» И ЭЛЕКТРОННЫМ РЕСУРСАМ КАФЕДРЫ ТИОМП

Для удобства работы и развития навыков в работе с удаленными ресурсами студентам рекомендуется использовать материалы по учебной дисциплине, размещенные в виртуальной образовательной среде УО «ВГТУ» (sdo.vstu.by) и на сайте кафедры ТиОМП (tiomp.vstu.by).

Учебное издание

Энергетический аудит и управление энергопотреблением

Методические указания по выполнению практических работ

Составители:

Дрюков Василий Васильевич
Жерносек Сергей Васильевич
Котов Алексей Анатольевич
Кузьменков Сергей Михайлович
Окунев Роман Владимирович

Редактор *Т.А. Осипова*
Корректор *А.В. Пухальская*
Компьютерная верстка *О.С. Герасимова*

Подписано к печати 18.12.2018. Формат 60x90¹/₁₆. Усл. печ. листов 2,9.
Уч.-изд. листов 3,0. Тираж 50 экз. Заказ № 377.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»
210038, г. Витебск, Московский пр., 72.

Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Витебский государственный технологический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.