

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования

«Витебский государственный технологический университет»

Энергосбережение и энергетический менеджмент

Методические указания по выполнению практических работ

для студентов специальности

1-36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий»

Витебск

2018

УДК 621.9(07)

Составители:

А. М. Гусаров, В. В. Дрюков, С. В. Жерносек

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ», протокол № 8 от 05.11.2018.

Энергосбережение и энергетический менеджмент: методические указания по выполнению практических работ / сост. А. М. Гусаров, В. В. Дрюков, С.В. Жерносек. – Витебск: УО «ВГТУ», 2018. – 29 с.

В методических указаниях изложена методика выполнения практических работ по дисциплине «Энергосбережение и энергетический менеджмент».

УДК 621.9(07)

© УО «ВГТУ», 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Практическая работа 1	5
Практическая работа 2	12
Практическая работа 3	16
Практическая работа 4	18
Практическая работа 5	19
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ К ЗАЩИТЕ.....	26
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	28

ВВЕДЕНИЕ

Республика Беларусь относится к числу стран, имеющих относительно малые запасы топливно-энергетических ресурсов (ТЭР). Поэтому их эффективное и рациональное использование является одним из важнейших условий развития экономики республики.

Цель курса «Энергосбережение и энергетический менеджмент» – формирование комплекса знаний и практических навыков по построению и внедрению в организациях систем и процессов, направленных на постоянное улучшение энергетических параметров, в том числе энергетической эффективности, а также сопутствующее сокращение финансовых затрат, снижение вредных воздействий на окружающую среду. В результате изучения курса обучающийся изучает основы технических, экономических и правовых методов управления энергопотреблением, получает знания, позволяющие системно рассматривать проблемы энергосбережения, разрабатывать и оценивать проводимые на предприятии мероприятия с точки зрения энергетического менеджмента.

Вопросы, изучаемые в рамках курса:

- основы производства, транспортирования и потребления тепловой и электрической энергии;
- принципы и методы энергосбережения в машиностроении;
- методы оценки энергопотребления и эффективности энергосберегающих мероприятий.

Навыки, приобретаемые обучающимся при изучении курса:

- оценка конструкции изделий, технологических процессов и средств технологического оснащения с позиций их энергоэффективности;
- использование средств контроля и регулирования тепло- и энергопотребления;
- владение нормативно-правовой базой и методами организации энергосбережения в Республике Беларусь;
- владение основами энергетического аудита и менеджмента.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1

Ознакомление с основными инструментами и технологиями измерения для проведения энергоаудита объекта

Цель работы – ознакомление с основами энергетического аудита. Экспресс-аудит, его сущность. Разработка программ по энергосбережению. Современные технологии профессионального энергоаудита. Аудит энергоэффективности и аудит энергосбережения.

Энергоаудит (энергетическое обследование) – сбор и обработка информации об использовании энергетических ресурсов в целях получения достоверной информации об объеме используемых энергетических ресурсов, о показателях энергетической эффективности, выявление возможностей энергосбережения и повышение энергетической эффективности с отражением полученных результатов в отчете.

Энергетическое обследование может проводиться в отношении зданий, строений, сооружений, энергопотребляющего оборудования, объектов электроэнергетики, источников тепловой энергии, тепловых сетей, систем централизованного теплоснабжения, централизованных систем холодного водоснабжения и (или) водоотведения, иных объектов системы коммунальной инфраструктуры и технологических процессов.

Задачи работы – приобретение практических навыков по вопросам энергетического аудита: определение энергосберегающего потенциала с помощью современных технологий и методов контроля; учет и регулирование энергопотребления; приборы учета и контроля при проведении энергетического обследования; автоматизация энергоучета; внедрение автоматизированных систем учета и контроля энергопотребления; анализ методов учета энергоэффективности и энергопользования при прогнозировании и планировании электропотребления; нормирование расхода ТЭР; энергетические балансы объекта и управление энергетическими потоками; энергосберегающие технологии и энергоэффективное оборудование; эффективность энергоиспользования.

Описание конструкции учебного стенда

Конструктивно изделие выполнено в напольном исполнении. Изучаемое оборудование размещено на лицевой панели, а также спереди и сзади установки (рис. 1.1, 1.2).

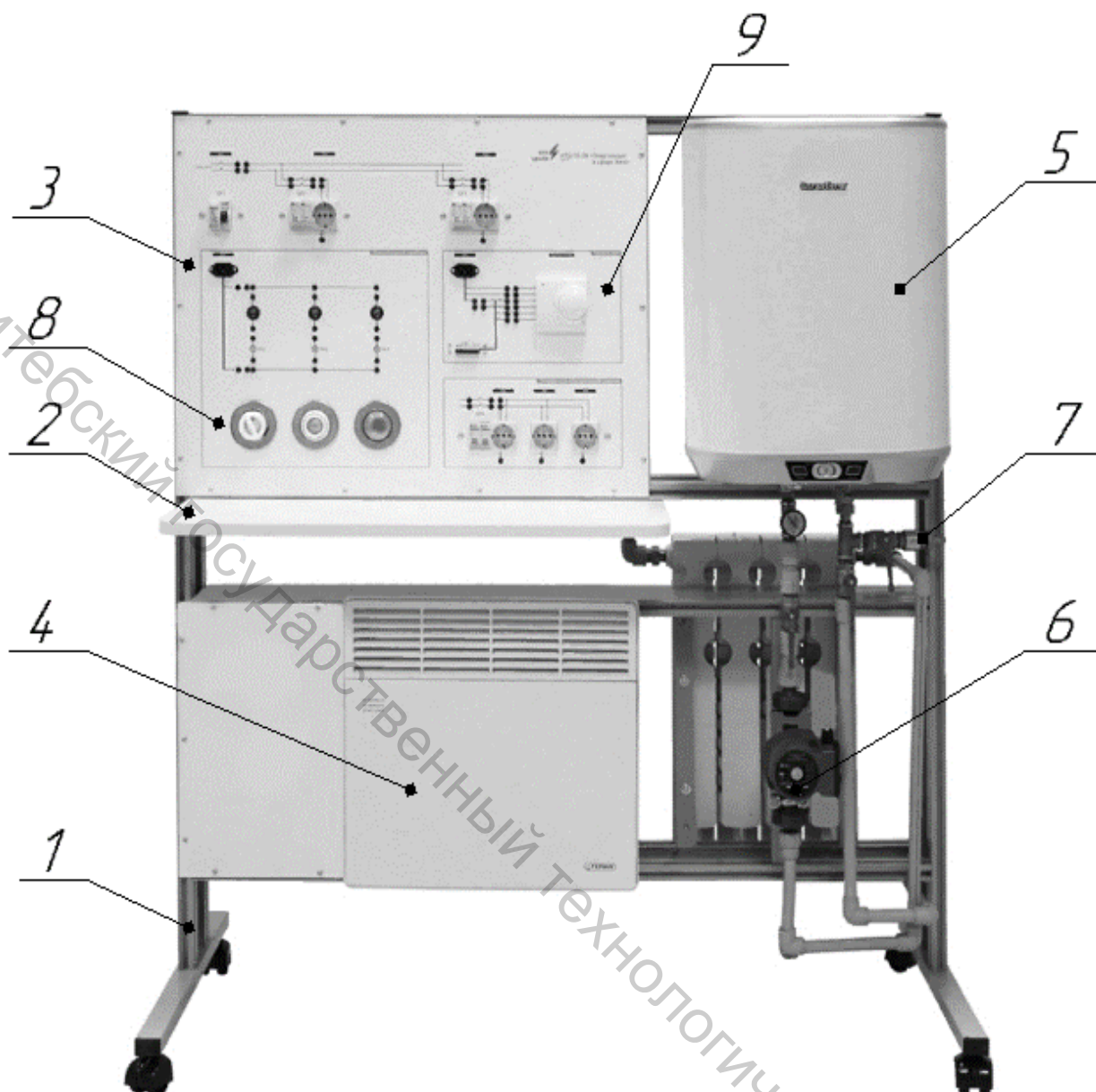


Рисунок 1.1 – Оборудование на передней части стенда: 1 – корпус;
2 – столешница; 3 – панель; 4 – конвектор; 5 – водонагреватель;
6 – циркуляционный насос; 7 – заправочный штуцер; 8 – блок освещения;
9 – блок управления теплым полом

На панели смонтированы:

- система питания (сетевой выключатель и отдельные розетки для подключения электрооборудования);
- светильники с лампами различного типа (накаливания, люминесцентная энергосберегающая, светодиодная);
- терморегулятор теплого пола;
- электрический водонагреватель.

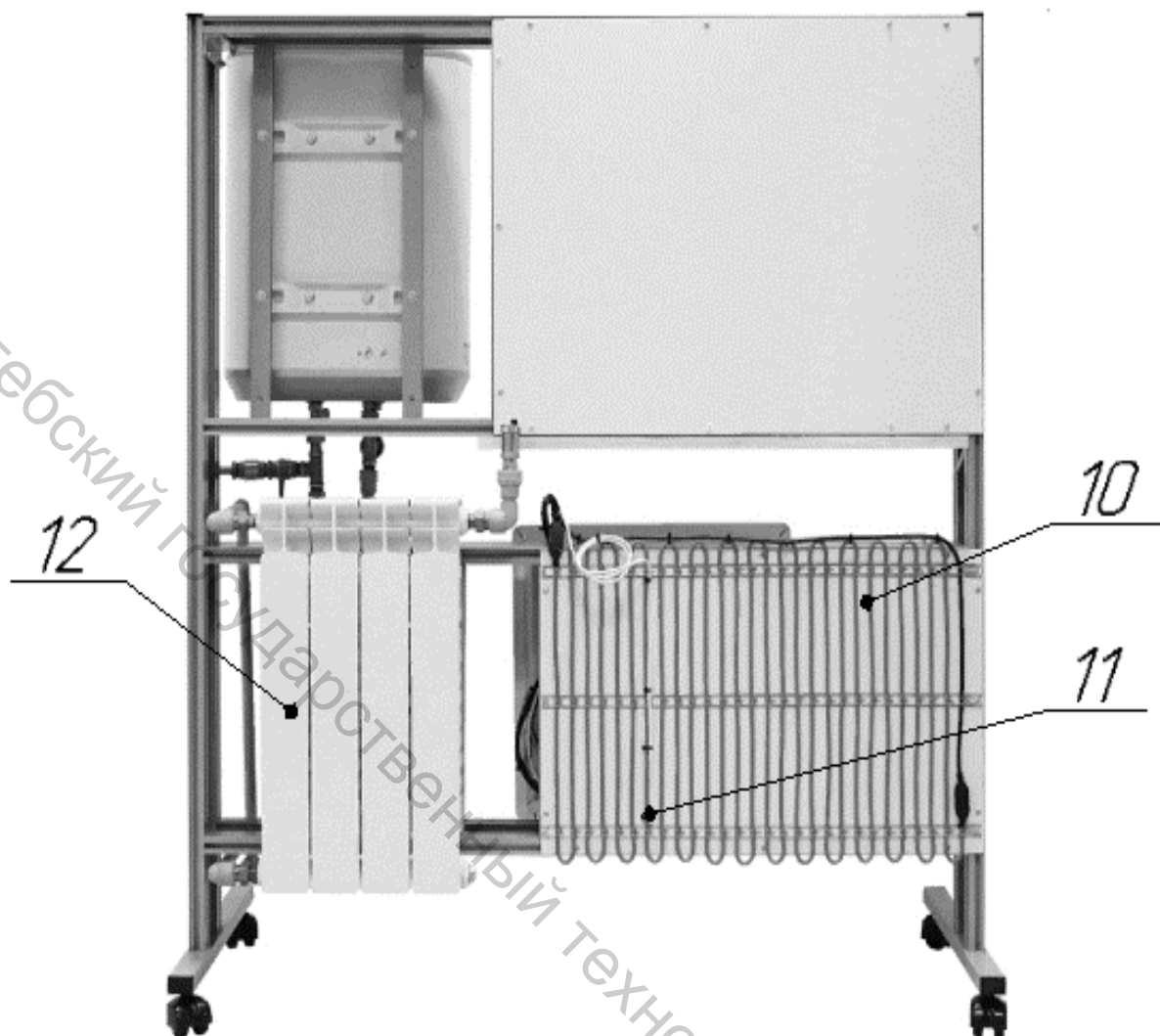


Рисунок 1.2 – Оборудование на задней части стенда:
10 – нагревательный элемент теплого пола; 11 – датчик температуры
теплого пола; 12 – радиатор отопления

В нижней части спереди установлен электронагреватель (конвектор) и циркуляционный насос жидкостного отопления.

В нижней части сзади размещена панель с нагревательным элементом теплого пола и радиатор отопления.

Сборка электрических схем для проведения работ осуществляется контактными штекерными перемычками.

Описание и подготовка системы отопления водой

Заправка гидросистемы (рис. 1.3) осуществляется подключением к системе хозяйственно-питьевой системы водоснабжения (водопровод).

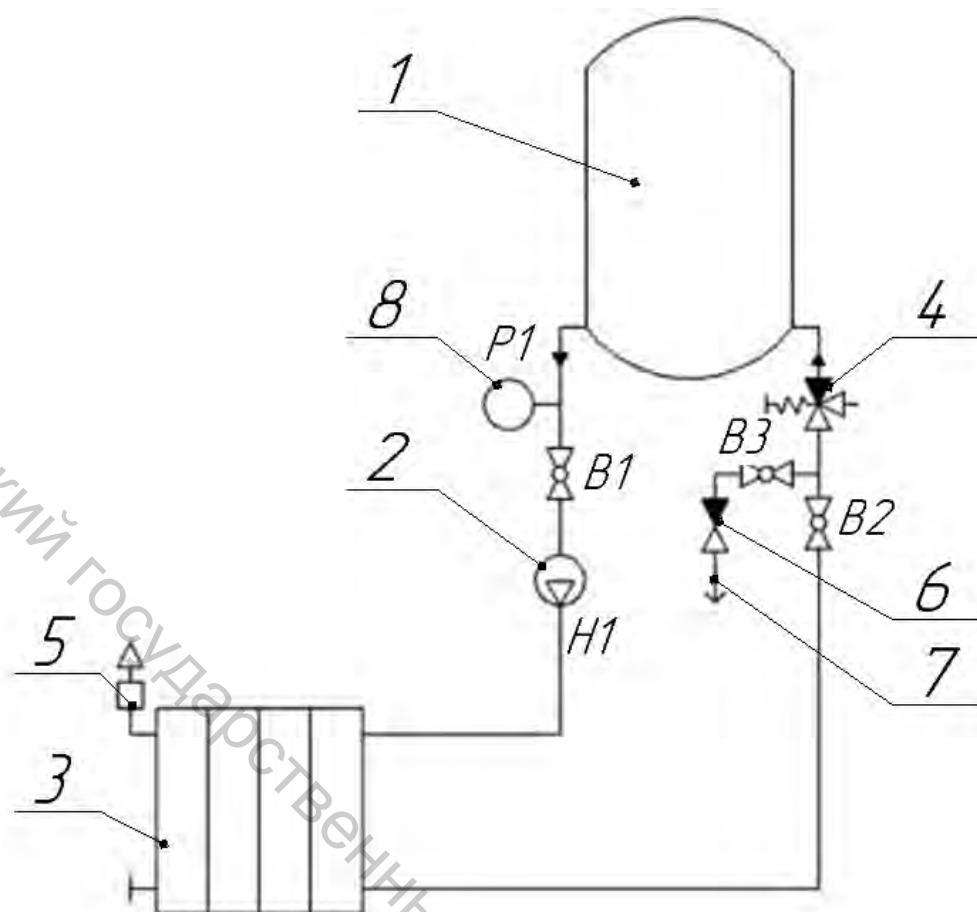


Рисунок 1.3 – Схема системы отопления: 1 – бак водонагревателя; 2 – циркуляционный насос; 3 – радиатор отопления; 4 – предохранительный клапан; 5 – автоматический воздухоотводчик; 6 – обратный клапан; 7 – заправочный штуцер; 8 – контрольный манометр

1. Для заправки соедините водопровод с заправочным штуцером (елочка D12 мм).

2. Открыть кран В3 (рис. 1.3) и ослабить выходное соединение водонагревателя (между насосом Н1 и водонагревателем), кран В2 закрыть.

3. Подать воду под давлением в систему.

4. Дождаться пока из водонагревателя выйдет воздух (вода выходит без примеси воздуха). Прекратить подачу воды.

5. Затянуть соединение на выходе водонагревателя.

6. Заполнить радиатор, для чего открыть кран В2, подать воду. Выпустить воздух в точке 5.

7. Открыть краны В1 и В2, установить в системе давление 1...2 bar по контрольному манометру.

8. Закрыть кран В3. Отсоединить заправочный шланг от штуцера.

Описание приборов, применяемых для энергоаудита объекта

Перечень основных приборов, используемых при энергетическом обследовании объектов: тепловизор (рис. 1.4; табл. 1.1); пирометр; контактный тер-

мометр; счетчики и анализаторы электрической энергии; электроизмерительные приборы (мегаомметры, токовые клещи, вольтметры и прочее); люксметр (рис. 1.5, 1.6; табл. 1.2); измеритель плотности теплового потока; измеритель запыленности (аспиратор); анемометр; течеискатель.

Таблица 1.1 – 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	°C	-20... +150 0... +350
Погрешность	°C	±2
	% от показания	±2
Диапазон рабочих температур	°C	-15... +50



Рисунок 1.4 – RGK TL-80



Рисунок 1.5 – Люксметр ТКА

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

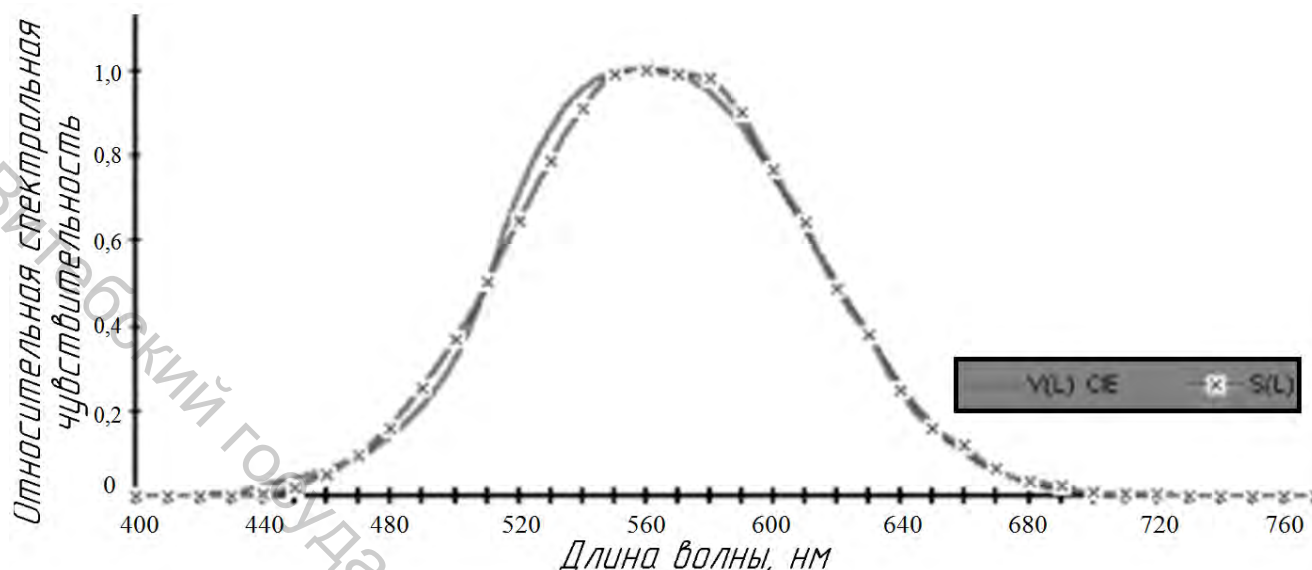


Рисунок 1.6 – Относительная спектральная чувствительность люксметра ТКА:
V(L) CE – спектральная чувствительность человеческого глаза для дневного зрения; S(L) – относительная спектральная чувствительность люксметра

Таблица 1.2 – Основные характеристики люксметра

Параметр	Единицы измерения	Величина
Диапазон измерений освещенности	лк	1,0...200 000
Рабочая температура	°C	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) (рис. 1.7).

Таблица 1.3 – 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 ($\cos \phi$).



Рисунок 1.7 – Энергометр

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2

Термографирование систем жидкостного отопления

Цель работы – изучение распределения температур по поверхности объекта и проверки необходимого прогрева всех отопительных приборов.

Телевизионный контроль. Общие сведения

Инфракрасное излучение, регистрируемое тепловизором, состоит из излучения, испускаемого объектом измерения (ϵ); отраженного внешнего излучения (ρ); пропущенного объектом излучения (τ).

Сумма указанных компонентов принимается за 1 ($\epsilon + \rho + \tau = 1$). На практике пренебрегают величиной τ : $\epsilon + \rho = 1$. Это означает, что чем ниже коэффициент излучения, тем выше уровень отраженного инфракрасного излучения, сложнее осуществить точное измерение температуры поверхности и тем более важным становится правильная настройка компенсации отраженной температуры.

Объект измерений с высоким коэффициентом излучения (больше примерно 0,8) имеют низкий коэффициент отражения ($\rho = 1 - \epsilon$). Температуру таких объектов легко измерить с помощью тепловизора. Объекты измерений со средним коэффициентом излучения (0,6...0,8) имеют средний коэффициент отражения. Температуру таких объектов также можно измерить с помощью тепловизора. Объекты измерений с низким коэффициентом излучения (менее 0,6) имеют высокий коэффициент отражения. Измерение температуры таких объектов тепловизором возможно, но результаты нуждаются в проверке.

Корректная настройка коэффициента излучения очень важна при значительной разнице между температурой объекта и температурой окружающей среды.

Когда температура измеряемого объекта выше температуры окружающей среды (радиатор отопления), то:

- чрезмерно высокий коэффициент излучения приведет к завышенным показаниям температуры;
- выявить дефекты тепловых приборов (рис. 2.1);
- чрезмерно низкий коэффициент излучения приведет к заниженным показаниям температуры.

Когда температура измеряемого объекта ниже температуры окружающей среды (дверь или окно):

- чрезмерно высокий коэффициент излучения приведет к заниженным показаниям температуры;
- чрезмерно низкий коэффициент излучения приведет к завышенным значениям температуры.

Применение тепловизора позволяет решать задачи:

- обнаружение в ограждающей конструкции мест, с возможным нарушением теплоизоляции;

- обнаружение мостиков холода;
- обнаружение мест, где возможна конденсация влаги и как следствие образование плесени;
- обнаружение мест притока уличного воздуха внутрь помещения;
- проконтролировать качество установки окон и дверей;
- обнаружить утечки воды внутри строительной конструкции;
- наблюдение скрытых нагревательных элементов (теплый пол);
- обнаружение плохого контакта или перегрузки линии в узлах распределения (электрощитовой).

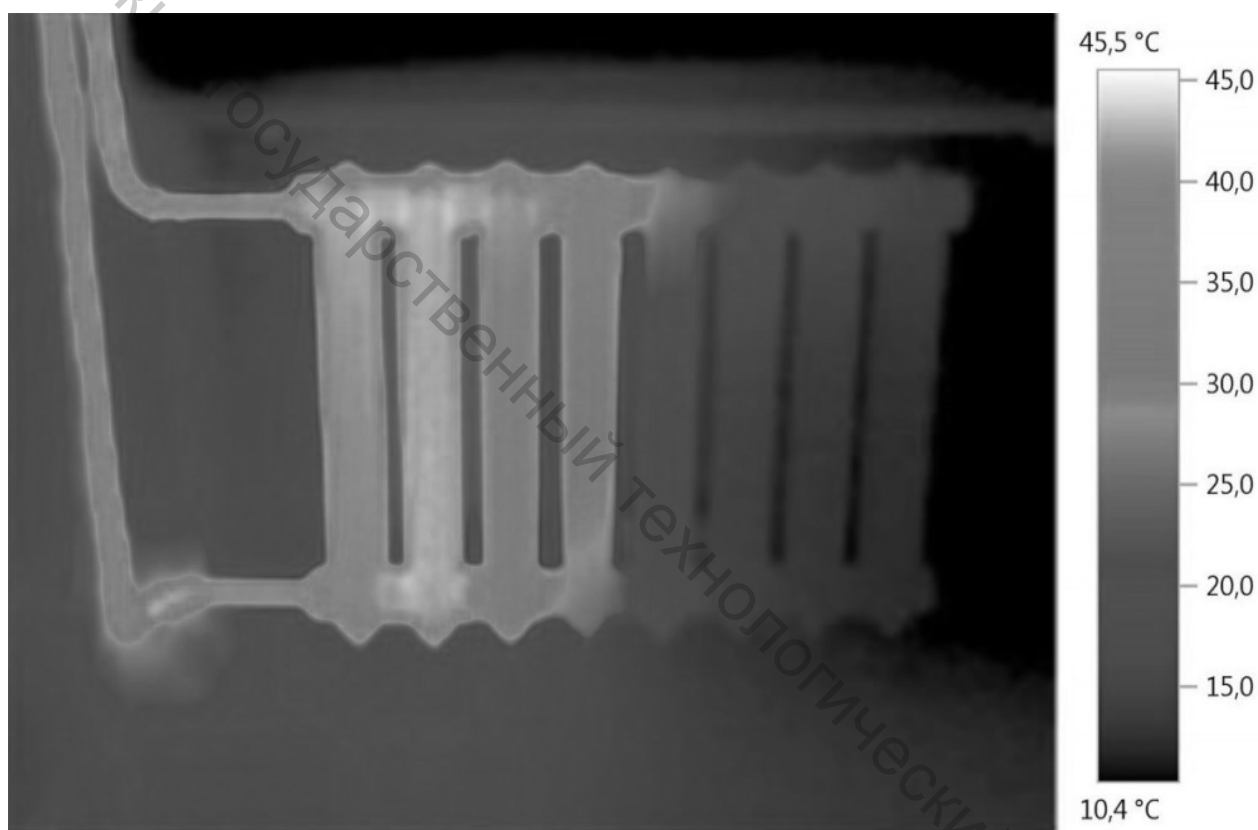


Рисунок 2.1 – Неисправность радиатора отопления

Тепловизионное обследование системы отопления

1. Ознакомиться с устройством тепловизора (рис. 2.2).
2. Установить на ПК программное обеспечение для работы с ИК-изображениями (ПО прилагается к тепловизору).
3. Следуя инструкции, подготовить тепловизор к работе.
4. Включить тепловизор. Произвести настройку (температурный фон, коэффициент отражения, способ отображения и прочее).
5. Включить питание стенда (QF1). Подключить питание.



Рисунок 2.2 – Основные элементы тепловизора RGK TL-80

6. Собрать схему, как показано на рисунке 2.3.

Внимание! Система нагрева воды должна быть заправлена водой (согласно описанию, представленному в практической работе 1).

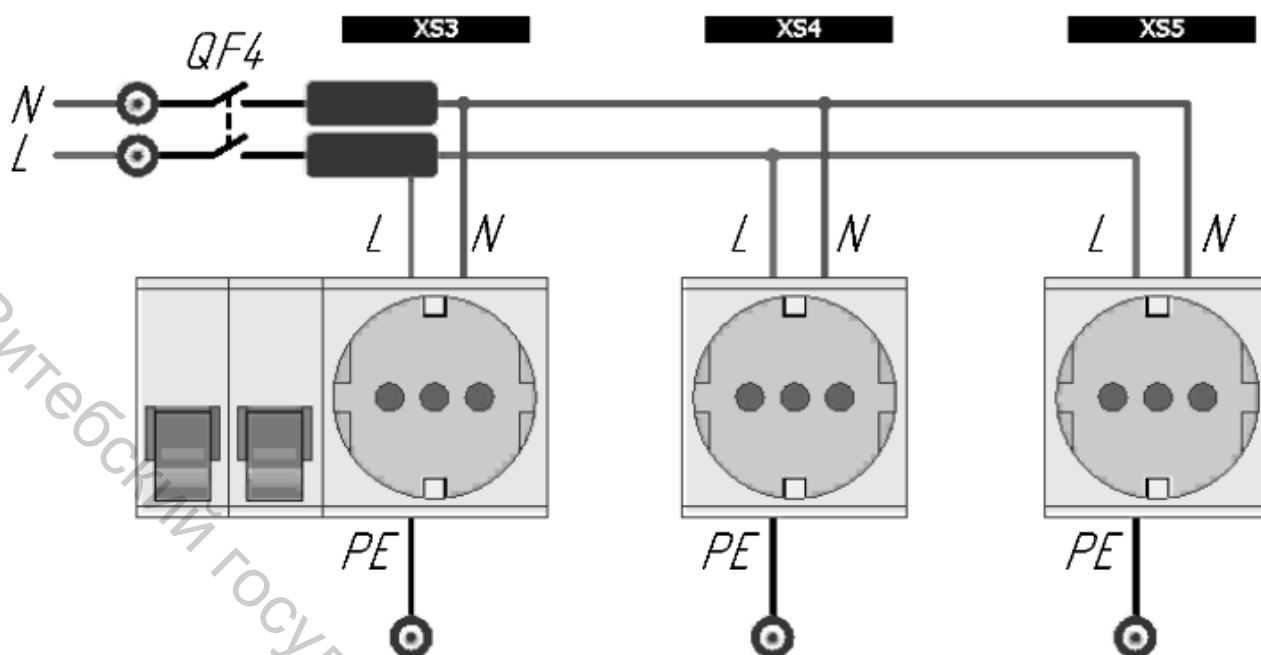


Рисунок 2.3 – Схема подключения стенда к работе

8. Включить QF4.

9. Включить циркуляционный насос. Для чего вставить сетевую вилку циркуляционного насоса в розетку XS3 и открыть краны B1, B2 (схему системы отопления, представленную в практической работе 1).

10. Включить водонагреватель в розетку XS4. Включить нагрев водонагревателя.

11. Произвести термографирование процесса нагрева радиатора отопления. Используя тепловизор, произвести серийную съемку (термографирование) радиатора в ИК-диапазоне в период прогрева и в рабочем режиме.

12. Используя тепловизор, произвести обследование узлов системы отопления (нагревателя, трубопроводов, циркуляционного насоса). По результатам обследования для каждого изображения (режима) создается отчет в произвольной форме с отражением точек минимальной и максимальной температуры на поверхности приборов (узлов).

13. Перекрыть кран B2 (моделирование ситуации неисправности арматуры или непроходимости трубопровода). Произвести обследование участка схемы в этом состоянии.

14. После завершения работ выключить питание и разобрать схему.

15. Загрузить изображения из памяти тепловизора (карты памяти) на ПК.

16. Используя ПО, произвести анализ полученных при обследовании снимков (рис. 2.4).

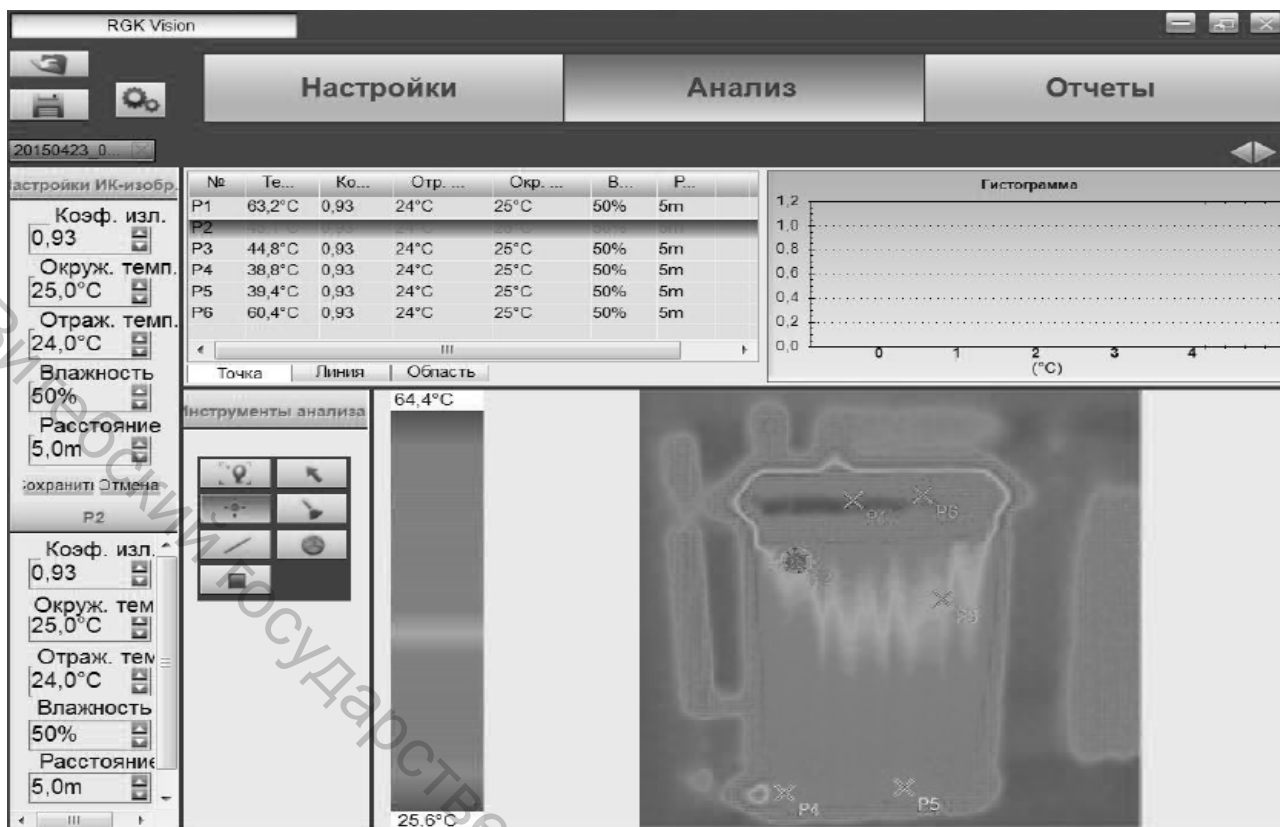


Рисунок 2.4 – Работа с прилагаемым ПО

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3

Термографирование теплого пола

Цель и задачи работы – изучение распределения температур по поверхности объекта и анализа эффективности системы «теплый пол».

Системы отопления с радиаторами и отапливаемыми полами качественно различаются. Для систем типа «теплый пол» принципиальное значение имеет равномерность нагрева по всей площади и поддержание в заданных пределах оптимальной температуры до определенной высоты в помещении.

Так, при обследовании систем отопления с пристенными радиаторами особое внимание уделяется исправности самих радиаторов и арматуры, а при обследовании помещения с подогреваемым полом (не имеет значения тип подогрева) следует определить:

- зоны оптимальной температуры в помещении;
- равномерность нагрева. Нагрев в идеальном случае должен происходить равномерно по всей площади отопления, нежелательно наличие «холодных» и «горячих» участков, а также сильного градиента температуры по длине пола;
- исправность нагревательных элементов. Так для электрического теп-

лого пола наличие явных областей перегрева может указывать на неисправность нагревательного элемента или неправильную прокладку при монтаже.

Термографирование нагревательного элемента

1. Подготовить тепловизор к работе.
2. Включить питание стенда (QF1). Подключить питание.
3. Соединить кабелем (кабель в комплекте) выходной разъем энергометра и розетки XP2.

Собрать схему, как показано на рисунке 3.1.

4. Подключить разъем теплого пола к панели.
5. Включить QF3.
6. Включить обогрев поворотом задатчика на терморегуляторе.
7. Произвести термографирование процесса нагрева нагревательного элемента (кабеля). Используя тепловизор, произвести серийную съемку (термографирование) в ИК-диапазоне.
8. Загрузить изображения на ПК.
9. Используя ПО, произвести анализ полученных при обследовании снимков.
10. После завершения работ выключить питание и разобрать схемы.

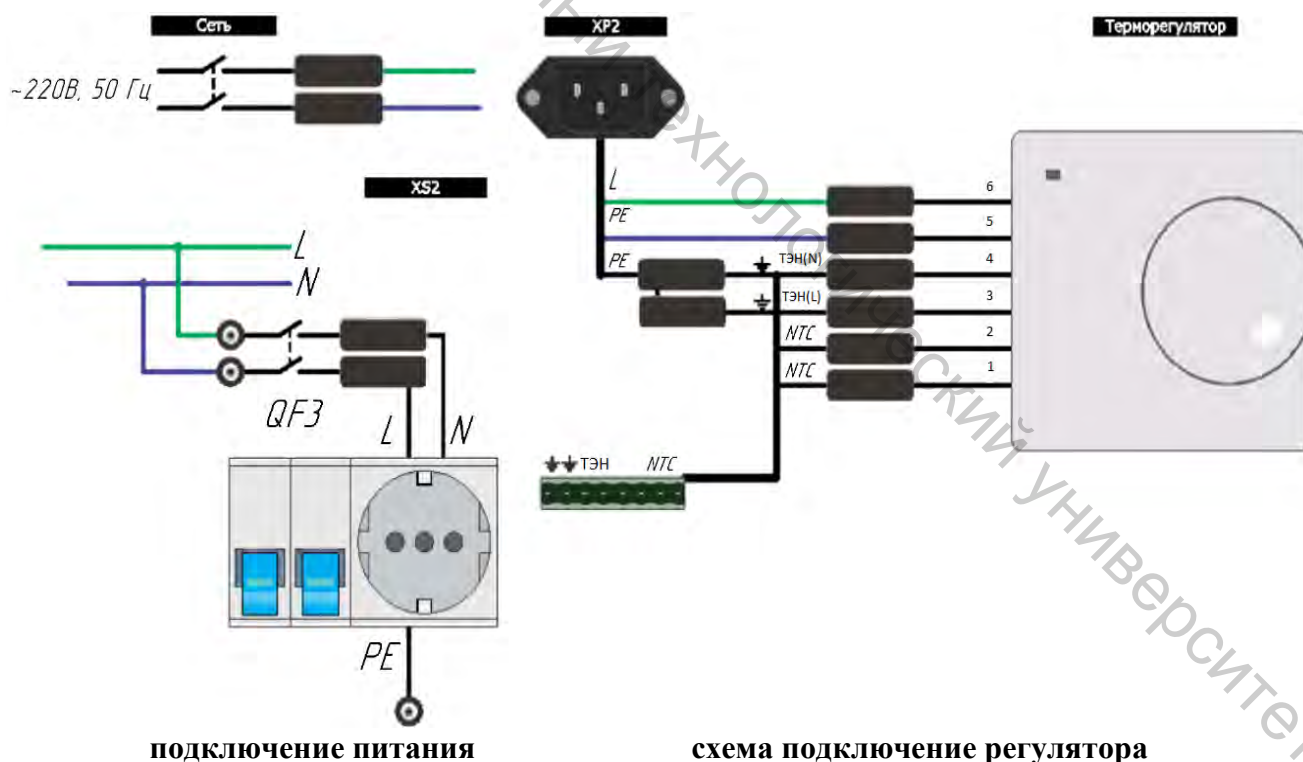


Рисунок 3.1 – Схема подключения стенда к работе

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4

Термографирование узлов распределения электроэнергии

Цель и задачи работы

Помимо сферы строительства, ЖКХ и энергосбережения тепловизионные обследования широко распространены в машиностроении, электронике, энергетике (ТЭК) и других областях.

Наблюдаемые при термографировании рабочего электрооборудования места (зоны) локального нагрева являются следствием повышенного выделения тепла проводниками и обмотками.

Повышение тепловыделения происходит вследствие значительного роста нагрузки, ухудшения условий охлаждения (вентиляции) оборудования, истончения (ущемление, растяжение) токоведущих частей, износа и порчи изоляции, износа контактных групп, неисправности электронных компонентов и прочих причин. Своевременное обнаружение дефекта позволяет избежать выхода оборудования из строя (аварии) и незапланированного простоя, а также принимать меры по повышению отказоустойчивости и продлению срока службы оборудования.

При тепловизионном контроле выявляются следующие виды дефектов и неисправности электрооборудования:

- нарушение температурного режима контактных соединений (болтовых, нажимных, сварных, опрессованных, паяных);
- состояние опорной и подвесной изоляции;
- состояние вентильных разрядников, ограничителей перенапряжения, трансформаторов тока и напряжения, конденсаторов связи;
- нарушения режимов работы систем охлаждения силовых трансформаторов;
- дефекты высоковольтных вводов;
- локальные очаги нагрева, трансформаторов, генераторов, выключателей и другого электрооборудования.

Термографирование узлов распределения электроэнергии

1. Используя тепловизор, произвести обследование доступных узлов распределения электроэнергии (щитки, монтажные коробки, промышленные электроэнергетические установки).

2. Дать оценку исправности оборудования.

3. На стенде включить питание и подключить водонагреватель (описание представлено в практической работе 1).

4. Включить нагрев водонагревателя.

5. Спустя 10–15 мин произвести термографирование панели стенда, питающей водонагреватель розетки XS4 и сетевого кабеля водонагревателя.

6. После завершения работ выключить питание и разобрать схему.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 5

Исследование сравнительных характеристик электрических источников света

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

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, $E_{\text{эл}}$ (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, осве-

щением 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, не вертикальном 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*. В *газонаполненных лампах* 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 не-

сколько 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 люминесцирующих веществ. В оба конца трубки впаяны электроды в виде вольфрамовых спиралей; они покрыты оксидной пастой (смесь окислов 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°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 $18\text{--}25^{\circ}\text{C}$. 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. 5.1).
3. Соединить кабелем (кабель в комплекте) выходной разъем энергометра и розетки XP1.

Собрать схему, как показано на рисунке 5.2.

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

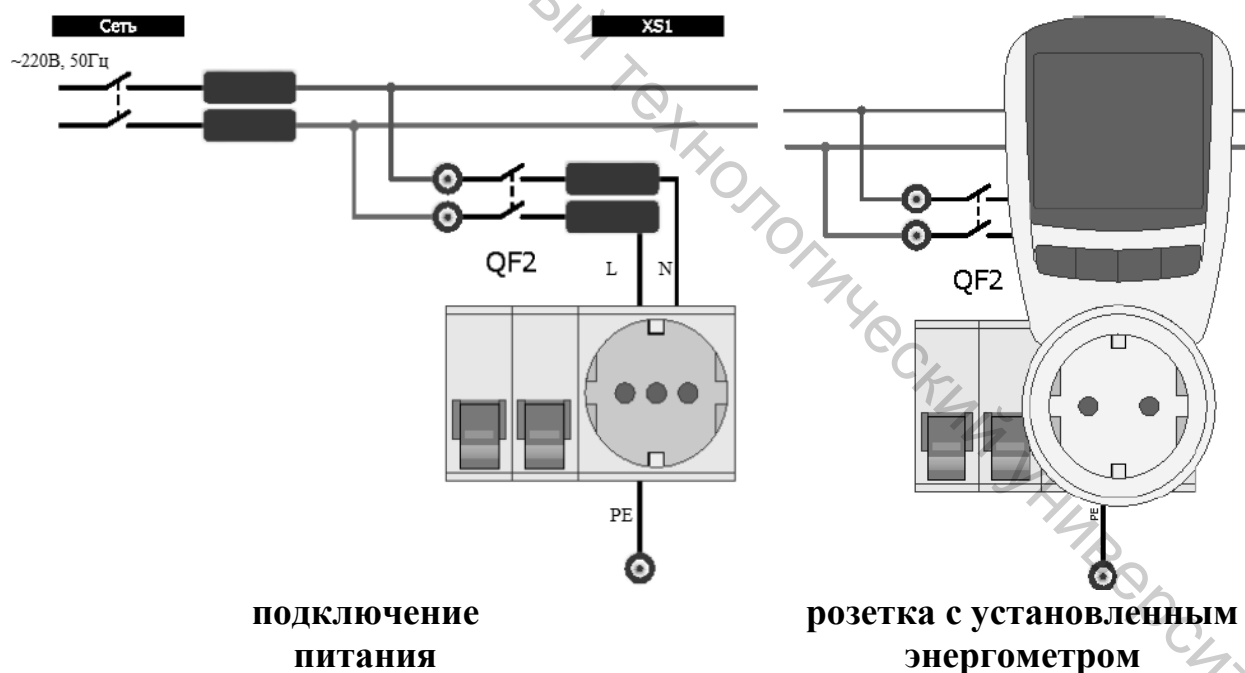


Рисунок 5.1 – Схема подключения стенда к работе

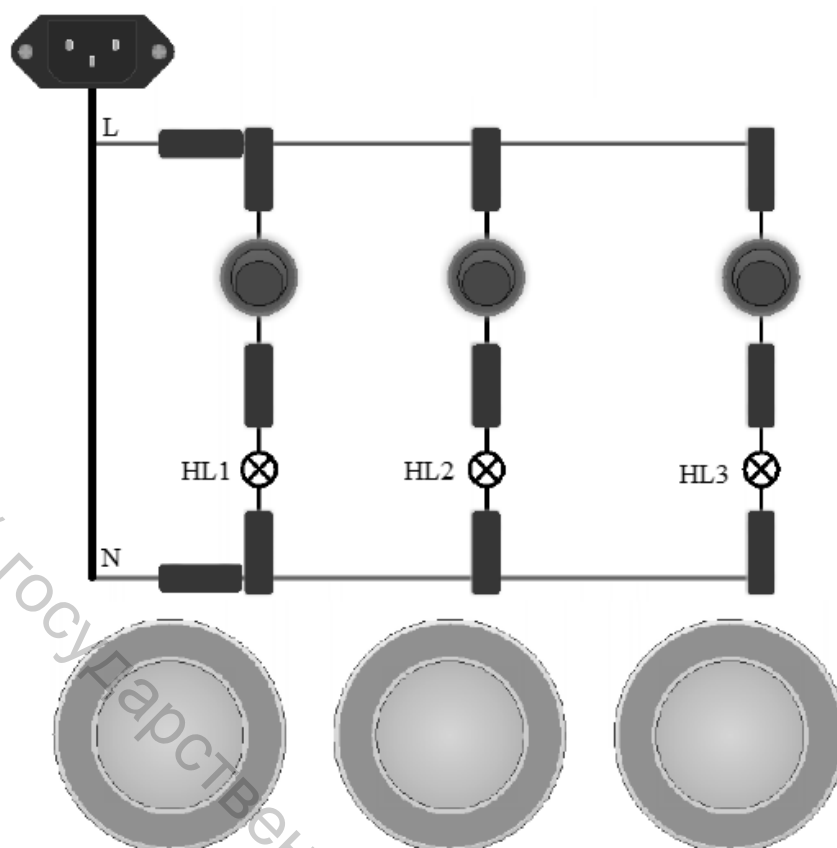


Рисунок 5.2 – Схема подключения источников света

Данные занести в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Протокол показаний энергометра

Параметр	Единицы измерения	Тип лампы		
		Накаливания	Люминесцентная	Светодиодная
Напряжение	В			
Частота	Гц			
Сила тока	А			
Мощность	Вт			
cos φ	—			
Потребляемая электро-энергия за 5 минут	Вт*ч			

Расчетная средняя мощность лампы, Вт

$$P_{\text{ср}} = \frac{Q_{\text{н}}}{\Delta t}, \quad (5.1)$$

где $Q_{\text{н}}$ – величина потребленной электроэнергии за время Δt , Вт*ч; Δt – время измерения по таблице 5.1 (принять равным 0,0833 ч (5 мин)).

7. Пользуясь люксометром, определить освещенность на оси (перпендикулярно панели стенда) излучения лампы на расстоянии 0,3 м (рис. 5.3). Данные занести в таблицу 5.2.

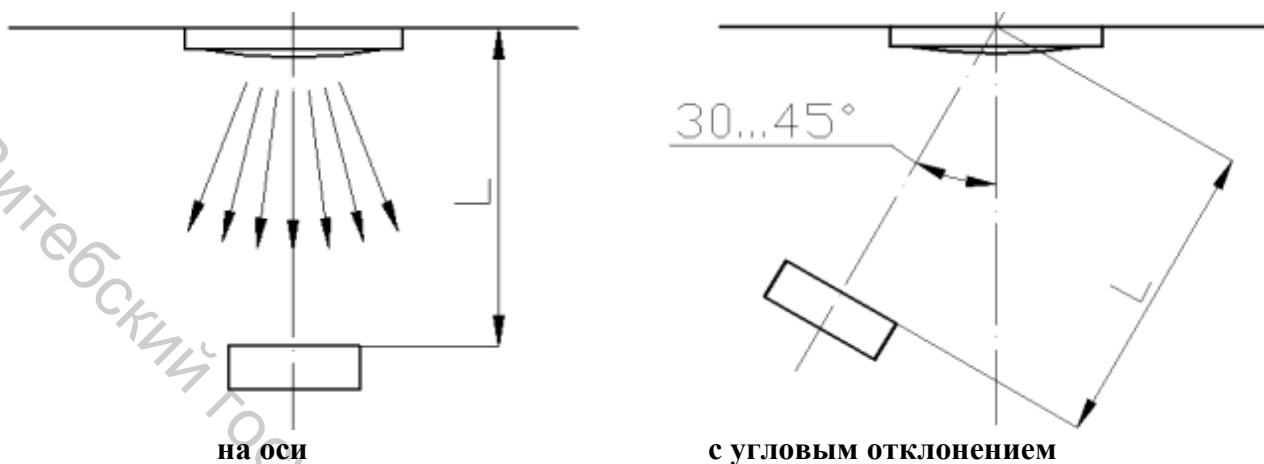


Рисунок 5.3 – Измерение освещенности от точечных светильников

Таблица 5.2 – Протокол измерений освещенности люксометром

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 5.3.

Расчетная освещенность

$$E_p = E - E_{\phi}, \quad (5.2)$$

где E – измеренная освещенность, лк; E_{ϕ} – фоновая освещенность (лампа выключена).

Таблица 5.3 – 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 5.3. Данные занести в таблицу 5.4. 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 :

$$\Phi_p = E_p. \quad (5.3)$$

Таблица 5.4 – 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 $\Phi_{\text{ср}}$				

14. Определить световую отдачу каждого типа ламп. Данные занести в таблицу 5.5.

Расчетная световая отдача, лм / Вт

$$\eta = \frac{\Phi_{\text{ср}}}{P_{\text{ср}}}. \quad (5.4)$$

15. После завершения работ выключить питание и разобрать схемы.

Таблица 5.5 – Результаты расчета световой отдачи

Световая отдача, лм/Вт	Тип лампы		
	Накаливания	Люминесцентная	Светодиодная

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.

1. Основы энергосбережения: учебное пособие / Б. И. Врублевский [и др.]; под ред. Б. И. Врублевского. – Гомель : ЧУП «ЦНТУ «Развитие», 2002. – 190 с.

2. Кравченя, Э. М. Охрана труда и основы энергосбережения : учебное пособие / Э. М. Кравченя, Р. Н. Козел, И. П. Свирид. – 3-е изд. – Минск : Технопринт, 2004. – 127 с.

3. Андрижиевский, А. А. Энергосбережение и энергетический менеджмент: учеб. пособие / А. А. Андрижиевский, В. И. Володин. – 2-е изд., испр. – Минск : Выш. шк., 2005. – 294 с.

4. Ольшанский, А. И. Основы энергосбережения : курс лекций / А. И. Ольшанский, В. И. Ольшанский, Н. В. Беляков ; УО «ВГТУ». – Витебск, 2007. – 223 с.

5. Методическое руководство по проведению энергетического аудита в жилых зданиях: справочное пособие. – Минск : Альфио-Галата, 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.

Учебное издание

Энергосбережение и энергетический менеджмент

Методические указания по выполнению практических работ

Составители:

Гусаров Алексей Михайлович
Дрюков Василий Васильевич
Жерносек Сергей Васильевич

Редактор *Н.В. Медведева*

Корректор *Т.А. Осипова*

Компьютерная верстка *О.С. Герасимова*

Подписано к печати 22.11.2018. Формат 60х90¹/₁₆. Усл. печ. листов 1,8.

Уч.-изд. листов 2,2. Тираж 30 экз. Заказ № 348.

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.