

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования

«Витебский государственный технологический университет»

ОСНОВЫ ЭКОЛОГО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

Методические указания по выполнению практических работ
для студентов специальностей

1-36 01 01 «Технология машиностроения»;

1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций»;

1-55 01 03 «Компьютерная мехатроника»

Витебск
2022

УДК 621.311.16

Составители:

С. В. Жерносек, С. А. Игнатъев

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ», протокол № 6 от 02.03.2022.

Основы эколого-энергетической устойчивости производства : методические указания по выполнению практических работ / С. В. Жерносек, С. А. Игнатъев. – Витебск : УО «ВГТУ», 2022. – 45 с.

Методические указания содержат описание практических работ по дисциплине «Основы эколого-энергетической устойчивости производства» в соответствии с учебной программой для студентов специальностей 1-36 01 01 «Технология машиностроения»; 1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций»; 1-55 01 03 «Компьютерная мехатроника». Представлены методики нормирования расхода топливно-энергетических ресурсов на предприятии, составления и анализа тепловых балансов теплотехнических установок, основными инструментами и технологиями измерения для проведения энергоаудита промышленного объекта.

УДК 621.311.16

© УО «ВГТУ», 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 Нормирование расхода топливно-энергетических ресурсов.....	6
1.1 Общие сведения	6
1.2 Расчет норм расхода ТЭР	7
1.3 Расчет норм расхода электроэнергии.....	9
1.4 Методика расчета нормативов расхода тепловой энергии	12
1.5 Методика расчета нормативов потребности в топливе для производства тепловой энергии на планируемый период	13
2 Изучение системы теплоснабжения промышленного предприятия	14
2.1 Графики тепловых нагрузок.....	14
2.2 Расчет системы отопления	17
3 Расчет тепловых потерь через ограждающие конструкции зданий и сооружений.....	23
3.1 Общие сведения.....	23
3.2 Определение расхода теплоэнергии на компенсацию потерь тепла через оконные проемы	24
4 Составление и анализ тепловых балансов установок	26
5 Исследование сравнительных характеристик электрических источников света.....	27
5.1 Общие сведения.....	27
5.2 Порядок выполнения работы	31
5.3 Определение расхода топлива при применении ламп накаливания либо люминесцентных ламп с электромагнитным дросселем	34
5.4 Определение расхода топлива при применении люминесцентных ламп с электронной пускорегулирующей аппаратурой	34
5.5 Определение экономии топлива от внедряемого мероприятия	35
6 Ознакомление с основными инструментами и технологиями измерения для проведения энергоаудита объекта.....	35
6.1 Общие сведения.....	35
6.2 Описание приборов, применяемых для энергоаудита объекта	36
6.3 Общая методология проведения работ по тепловизионному обследованию зданий	38
6.4 Исследование теплоизоляционных свойств материалов	40
Вопросы для самопроверки к защите	41
Список использованных источников.....	43
Информация о доступе к виртуальной образовательной среде УО «ВГТУ» и электронным ресурсам кафедры теплоэнергетики	44

ВВЕДЕНИЕ

Целью изучения дисциплины «Основы эколого-энергетической устойчивости производства» является формирование у специалиста правильного подхода к постановке и решению проблем эффективного использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) на основе мирового опыта и с учетом государственной политики в области энергосбережения.

Задачами изучения дисциплины являются: методология энергетической оценки производства машиностроительной продукции. Основные направления энергоснабжения и энергосбережения. Нормативы и стандарты по энергообеспечению и энергосбережению. Энергосберегающие технологии в машиностроении. Энергосбережение в стационарной и мобильной энергетике. Использование альтернативных видов топлива и энергии, возобновляемых и нетрадиционных энергоресурсов. Экономика энергообеспечения и энергосбережения.

Дисциплина базируется на знании соответствующих разделов курсов «Физика», «Химия».

В результате освоения дисциплины «Основы эколого-энергетической устойчивости производства» студент должен

знать:

- источники энергии, вопросы производства, распределения и потребления энергии, экологические аспекты энергосбережения*;
- сущность ключевых категорий энергосбережения*;
- особенности и направления развития энергетического сектора Республики Беларусь, организацию и управление энергосбережением, пути обеспечения энергоэффективности экономики государства*;
- методы эффективного энергообеспечения промышленных предприятий*;
- эффективные методы управления технологическими процессами в тепло- и электроэнергетике*;
- последствия и нормативы допустимого антропогенного воздействия на природу*;
- организацию и управление охраной и использованием природных ресурсов, пути решения природоохранных задач на производстве и в масштабах страны*;
- основные направления государственной политики в области энергосбережения;
- способы производства, транспорта и потребления тепловой и электрической энергии, и основные пути повышения их эффективности;
- экологические и экономические проблемы энергетики и основные пути их решения;

уметь:

- использовать на практике современные методы управления и энергообеспечения*;
- внедрять современные технологии получения, передачи и распределе-

ния тепловой и электрической энергии*;

- оценивать эффективность используемых технологий*;
- применять компьютерные технологии для автоматизации контроля технологических процессов в энергетике*;
- применять научно-теоретические знания энергосбережения для решения практических задач по повышению энергетической самостоятельности страны, снижению потребления углеводородного топлива и экологической нагрузки на окружающую среду;
- учиться, повышать собственную квалификацию, постоянно изучать передовой отечественный и зарубежный опыт проведения энергосберегающих мероприятий*;
- осуществлять оценку технологических процессов и устройств, с точки зрения их энергоэффективности;
- пользоваться приборами учета, контроля и регулирования тепловой и электрической энергии;
- использовать и пропагандировать основные методы энергосбережения;

владеть:

- методами систематического анализа и компенсации экологических последствий энергоиспользования с учетом полного цикла оборота ресурсов*;
- методами транспортирования тепловой и электрической энергии*;
- методами использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии*;
- основными принципами нормирования энергопотребления*;
- методологией энергоаудита*;
- навыком работы с персоналом предприятия по вопросам рационального и экономного использования энергии*;
- методикой оценки энергоэффективности технологических процессов и устройств;
- методами транспортирования тепловой и электрической энергии;
- методами использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.

* Для студентов специальности 1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций».

1 НОРМИРОВАНИЕ РАСХОДА ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Цель работы: познакомиться с основами методики нормирования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), а также с методами разработки и расчета норм расхода ТЭР.

1.1 Общие сведения

Нормирование расхода топливно-энергетических ресурсов – это определение меры рационального потребления этих ресурсов на единицу продукции установленного качества. Основная задача нормирования энергопотребления как составной части энергетического менеджмента – обеспечить применение в производстве методов рационального распределения и эффективного использования энергоресурсов.

Норма расхода ТЭР позволяет:

- планировать потребность ТЭР на производство определенного количества продукции;
- анализировать работу предприятия и его подразделений путем сопоставления норм и фактических удельных расходов ТЭР;
- определять удельную энергоемкость данного вида продукции;
- сравнивать энергоемкость одноименного продукта, производимого разными способами.

В основе составления норм расхода ТЭР лежит анализ энергетических балансов промышленных предприятий.

Нормы расхода топлива, тепловой, электрической и механической энергии различаются как по степени агрегации – индивидуальные, групповые, так и по составу расходов – технологические, общепроизводственные.

Примерный состав технологической и общепроизводственной норм расхода ТЭР можно представить следующим образом.

Индивидуальная норма расхода ТЭР – это норма расхода на производство единицы определенного продукта, изготавливаемого определенным способом на конкретном оборудовании.

Групповая норма расхода ТЭР – это норма расхода на производство единицы одноименной продукции, изготавливаемой по различным технологическим схемам, на разнотипном оборудовании, из различного сырья.

Примерный состав технологической и общепроизводственной норм расхода ТЭР можно представить следующим образом.

Общепроизводственная норма:

- отопление;
- вентиляция;

- освещение;
- внутренний транспорт;
- хозяйственно-бытовые нужды;
- потери в сетях и преобразователях.

Технологическая норма:

- технологические процессы;
- поддержание технологического оборудования в горячем резерве;
- разогрев и пуск агрегатов после плановых остановок;
- нормативные потери технологического оборудования.

Технологическая норма расхода ТЭР – это норма расхода на основные и вспомогательные технологические процессы производства данного вида продукции.

Общепроизводственная норма расхода ТЭР – это норма, которая учитывает расходы энергии на основные и вспомогательные технологические процессы, на вспомогательные нужды производства, а также технически неизбежные потери энергии в преобразователях, тепловых и электрических сетях предприятий, отнесенные на производство данной продукции.

Основными методами разработки норм расхода ТЭР являются:

- опытный (приборный);
- расчетно-статистический – на основе статистических данных об удельных энергетических затратах за ряд предшествующих лет, т.е. метод экстраполяции или энергетического планирования;
- расчетно-аналитический – на основе математического описания энергопотребления с учетом нормообразующих факторов.

Расчетно-статистический и расчетно-аналитический методы применяются для разработки как индивидуальных, так и групповых норм расхода ТЭР. Опытный (приборный, приборно-расчетный) метод применяется для определения только индивидуальных групповых норм расхода ТЭР.

1.2 Расчет норм расхода ТЭР

Индивидуальная норма расхода ТЭР ($H_{и}$) определяется по следующему соотношению:

$$H_{и} = \sum_{j=1}^m e_j, \quad (1.1)$$

где e_j , m – статьи расхода и количество статей расхода, по которым рассчитывается норма.

Групповая норма расхода ТЭР ($H_{гр}$) определяется по следующему соотношению:

$$H_{\text{гр}} = \sum_{j=1}^k (H_{\text{и}})_i \delta_i, \quad (1.2)$$

где $(H_{\text{и}})_j$ – индивидуальная норма расхода по i -й технологической группе;
 $\delta_j = V_i / V$ – удельный вес i -й составляющей в общем объеме производства продукции;

k – количество технологических групп.

Технологическая цеховая норма расхода ТЭР (H^T) определяется по следующему соотношению:

$$H_{i,j}^T = E^T / V_{j,i}, \quad (1.3)$$

где $H_{i,j}^T$ – технологическая цеховая норма расхода энергоресурсов на технологический процесс производства i -го продукта в j -м цехе;

E^T – расход энергоресурсов на технологический процесс;

$V_{i,j}$ – объем производства i -го продукта (товарного) или его составляющей (полупродукта) в j -м цехе.

Технологическая заводская (отраслевая) норма расхода ТЭР (H_3) определяется по соотношению

$$H_3 = \sum_{j=1}^n H_j^T (V_{j,i} / V_i), \quad (1.4)$$

где n – количество цехов предприятия (предприятий), выпускающих продукцию;

V_i – объем производства i -го продукта на предприятии;

$V_{i,j}$ – объем производства i -го продукта (товарного) или его составляющей (полупродукта) в j -м цехе.

Задача 1. Характеристика промышленных предприятий.

Предприятие № 1.

Затраты ТЭР:

- на основной технологический процесс – $5 \cdot 10^6$ МДж;
- на разогрев и пуск оборудования – $3 \cdot 10^5$ МДж;
- на плановые потери – $2 \cdot 10^5$ МДж.

Количество единиц выпускаемой продукции – 10 000.

Предприятие № 2.

Затраты ТЭР:

- на основной технологический процесс – $2 \cdot 10^7$ МДж;
- на разогрев и пуск оборудования – $5 \cdot 10^5$ МДж;
- на плановые потери – $4 \cdot 10^5$ МДж.

Количество единиц выпускаемой продукции – 20 000.

Задание.

1. Определить индивидуальные технологические нормы.
2. Найти групповую технологическую норму.
3. Сделать выводы относительно энергоэффективности технологических процессов.

Задача 2. В соответствии с предложенной преподавателем характеристикой предприятий необходимо определить индивидуальные технологические нормы расходования ТЭР; групповую технологическую норму; выделить организации, наиболее эффективно использующие ТЭР для производства продукции.

1.3 Расчет норм расхода электроэнергии

Энергетические нормы должны отражать оптимальные технологические и энергетические режимы загрузки оборудования. При разработке норм расхода энергоносителей следует учитывать: производительность оборудования; технологические параметры, характеристики сырья и материалов; графики работы оборудования в течение смены, суток, недели и месяца. Это важно для учета потерь при пусках; для учета возможности использования вторичных энергоресурсов и других резервов экономии энергии.

Нормирование должно быть нацелено не только на экономию энергии, но и на совершенствование технологических процессов. С этой целью нормирование должно охватывать все элементы технологического процесса.

В данном разделе будут рассматриваться следующие вопросы:

- технология расчета нормативов расхода электроэнергии;
- технология расчета нормативов расхода тепловой энергии;
- технология расчета нормативов потребности в топливе для производства тепловой энергии на планируемый период.

Норма расхода электроэнергии для производственного цеха рассчитывается для интервала времени – год (W_{Σ}).

Норма расхода электроэнергии определяется освещением, силовой нагрузкой зданий и потерями в электрической сети и рассчитывается по формуле:

$$W_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (W_{Ci} + W_{B.Oi}) + W_{H.O} + \Delta W_{\Sigma}, \quad (1.5)$$

где n – количество объектов (зданий);

W_{Ci} – норма расхода электроэнергии силовой нагрузкой i -го объекта (здания);

$W_{B.Oi}$ – норма расхода электроэнергии системой внутреннего освещения i -го здания;

$W_{H.O}$ – норма расхода электроэнергии для наружного освещения;

ΔW_{Σ} – расчетные потери электроэнергии в питающей электрической сети.

Перед расчетом норм проводится инвентаризация помещений по назначению. После инвентаризации помещений проводится инвентаризация электрооборудования.

Норма расхода электроэнергии станками в данном цехе рассчитывается по формуле:

$$W_C = \sum_{i=1}^n (P_{уст\ i} \cdot N_i \cdot K_{и\ i} \cdot T_{г\ i}), \quad (1.6)$$

где n – количество типов электроприемников, шт.;

$P_{уст\ i}$ – установленная мощность электроприемника i -го типа (определяется по их паспортным данным), кВт;

N_i – число электроприемников i -го типа, шт.;

$K_{и\ i}$ – коэффициент использования установленной мощности электроприемников i -го типа, о.е.;

$T_{г\ i}$ – число часов работы в год электроприемников i -го типа, ч.

Норма расхода электроэнергии системой внутреннего освещения методом удельных мощностей ведется по формуле:

$$W_{В.Ог\ i} = P_{уд} \cdot A \cdot T_{г}, \quad (1.7)$$

где $P_{уд}$ – удельная установленная мощность искусственного освещения помещения при выполнении норм освещенности, Вт/м²;

A – площадь помещения, м²;

T – годовое число часов работы источников света помещения, ч.

Величины удельной установленной мощности общего искусственного освещения рассчитаны для наиболее распространенных типов помещений объектов. Для выбора $P_{уд}$ необходимо знать назначение и площадь помещения, тип ламп, высоту подвеса светильника.

Наружное (уличное) освещение

Норма годового расхода электроэнергии системой наружного освещения, кВт·ч, рассчитывается по формуле:

$$W_{Н.Ог\ i} = P_{уст} \cdot N_c \cdot K_{и} \cdot A \cdot T_{г}, \quad (1.8)$$

где $P_{уст}$ – установленная мощность ламп в одном светильнике;

N_c – суммарное количество светильников;

$K_{и}$ – коэффициент использования установленной мощности осветительных установок;

$T_{г}$ – годовое число часов работы источников света.

Расчет числа часов работы в год электроприемников

Число часов работы в год силовых электроприемников зависит от их режимов работы.

Для электроприемников, используемых административно-хозяйственным персоналом при фиксированной длительности рабочей недели (например, 40 часов в неделю для административно-хозяйственного персонала, 36 часов в неделю – для других сотрудников):

$$T_{\Gamma} = T_{\text{н}} \cdot N_{\text{н}}, \quad (1.9)$$

где $T_{\text{н}}$ – число часов работы в неделю;

$N_{\text{н}}$ – число недель в году.

Нормативы времени использования осветительной нагрузки определяется следующим образом:

- для служб и отделов в зависимости от режима работы и наличия естественного света;
- для помещений общего пользования, лабораторий, мастерских в зависимости от времени начала и окончания работы;
- для наружного освещения в зависимости от режима работы.

Расчет потерь электроэнергии в электрической сети

Потери рассчитываются в случае:

- если на балансе предприятия имеется одна или несколько трансформаторных подстанций (ТП) 10(6) / 0,4 кВ;
- если на балансе предприятия имеются линии электропередач (ЛЭП) 10(6) кВ от городского центрального распределительного пункта до ТП, или ЛЭП напряжением 0,4 кВ от городской ТП до ввода на территорию предприятия.

Годовые потери электроэнергии в электрической сети рассчитываются по формуле:

$$\Delta W_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \Delta W_{\text{тp}i} + \sum_{j=1}^m W_{\text{ЛЭП}j}, \quad (1.10)$$

где $\Delta W_{\text{тp}i}$ – годовые потери электроэнергии в i -м трансформаторе ТП, кВт·ч;

n – количество трансформаторов ТП, шт.;

$\Delta W_{\text{ЛЭП}j}$ – годовые потери энергии в j -й ЛЭП, кВт·ч;

m – число ЛЭП, шт.

Потери электроэнергии в трансформаторе рассчитываются по формуле:

$$\Delta W_{\text{тp}} = \Delta P_{\text{хх}} \cdot T_{\text{о}} + \Delta P_{\text{кз}} \cdot K_{\text{зт}}^2 \cdot T_{\text{р}}, \quad (1.11)$$

где $\Delta P_{\text{хх}}$ и $\Delta P_{\text{кз}}$ – потери холостого хода и короткого замыкания трансформатора, кВт;

T_0 – годовое время включения трансформатора, ч, ($T_0 = 8760$ ч);

T_p – годовое время работы трансформаторов с нагрузкой, ч (принимается равным 4100 часов при односменной работе или 4200 часов при двухсменной работе);

$K_{зт}$ – коэффициент загрузки трансформатора по мощности.

Годовые потери (кВт·ч) активной энергии в ЛЭП (воздушных и кабельных линиях напряжением 6–10 кВ и 0,4 кВ) определяются по формуле:

$$\Delta W_{\text{ЛЭП}} = 1,63 \frac{W_{\Sigma}^2}{U_{\text{н}}^2 \cdot T_{\text{ол}} \cdot 1000} R_{\text{ЛЭП}}, \quad (1.12)$$

где W_{Σ} – норма годового расхода электроэнергии объектами, получающими питание по данной ЛЭП, кВт·ч;

1,63 – коэффициент, учитывающий отсутствие точных данных о коэффициенте формы графика нагрузки K_{ϕ} и потреблении реактивной энергии;

$U_{\text{н}}$ – номинальное напряжение питания ЛЭП, кВ;

$T_{\text{ол}}$ – годовое время включения линии, ч, ($T_{\text{ол}} = 8760$ ч);

$R_{\text{ЛЭП}}$ – активное сопротивление ЛЭП, Ом.

1.4 Методика расчета нормативов расхода тепловой энергии

Количество тепловой энергии, необходимое отопительным установкам на расчётный период (месяц, год), Гкал, определяется по выражению:

$$Q_{\text{тэ}} = Q_0 + Q_{\text{в}} + Q_{\text{гв}}, \quad (1.13)$$

где Q_0 – количество тепловой энергии на отопление;

$Q_{\text{гв}}$ – количество тепловой энергии на горячее водоснабжение;

$Q_{\text{в}}$ – количество тепловой энергии на приточную вентиляцию.

Расчёт нормативов на отопление

Расчёт нормативов на отопление проводится по удельным отопительным характеристикам на 1 м^2 площади пола. Нормативное годовое потребление тепловой энергии на отопление определяется по выражению, кВт:

$$Q_{\text{ог}}^{\text{н}} = \frac{\text{ГСОП}}{5000} \cdot q_{\text{гв}}^{\text{des}} \cdot A_{\text{h}}, \quad (1.14)$$

где $q_{\text{гв}}^{\text{des}}$ – удельный расход тепловой энергии на отопление в течение отопительного периода, кВт·ч/м²·год;

A_{h} – полезная площадь здания, м²;

ГСОП – градусо-сутки отопительного периода.

Градусо-сутки отопительного периода определяются по выражению:

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{вн}} - t_{\text{но}}^{\text{cp}}) \cdot n_o, \quad (1.15)$$

где n_o – продолжительность отопительного периода в месте расположения в часах.

Расчёт тепловой энергии на приточную вентиляцию и воздушно-тепловые завесы

Количество тепловой энергии, Гкал, необходимое для приточной вентиляции на планируемый период, определяется формулой:

$$Q_B = \frac{Q_{\text{вmax}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{но}}^{\text{cp}}) \cdot n_B}{(t_{\text{вн}} - t_{\text{но}})}, \quad (1.16)$$

где $Q_{\text{вmax}}$ – расчетное значение часовой тепловой нагрузки приточной вентиляции, Гкал/ч, принимается по проекту зданий; при отсутствии проектных данных – по укрупненным показателям с учетом удельной вентиляционной характеристики;

n_B – продолжительность функционирования систем приточной вентиляции в планируемый период, ч.

1.5 Методика расчета нормативов потребности в топливе для производства тепловой энергии на планируемый период

Потребность в топливе на выработку тепловой энергии определяется по нормам удельного расхода топлива, k_y у.т./Гкал, на весь объем тепловой энергии, необходимой для теплоснабжения потребителей в планируемом периоде:

$$B_{\text{тг}} = b_{\text{уд}}^{\text{н}} \cdot Q_{\text{г}} \cdot 10^{-3}, \quad (1.17)$$

где $B_{\text{тг}}$ – расход условного топлива в год, т.у.т.;

$b_{\text{уд}}^{\text{н}}$ – норма удельного расхода топлива, кг у.т./Гкал, (определяется по режимным картам котлов);

$Q_{\text{г}}$ – годовая выработка тепловой энергии котельной, Гкал.

Перерасчет количества условного топлива $B_{\text{усл}}$ в количество натурального топлива производится по выражению:

$$B_{\text{нат}} = B_{\text{усл}} \cdot \frac{Q_{\text{н.у}}^{\text{p}}}{Q_{\text{н.н}}^{\text{p}}}, \quad (1.18)$$

где $Q_{\text{н.у}}^{\text{p}}$ – низшая теплота сгорания условного топлива, ккал/кг (или ккал/м³, для газа);

$Q_{н.н}^p$ – низшая теплота сгорания натурального топлива, ккал/кг (ккал/м³).

Для определения потребности в топливе на производство тепловой энергии используются групповые нормы удельного расхода топлива, основанные на индивидуальных нормах.

Индивидуальная норма – норма расхода данного расчетного вида топлива в условном исчислении на производство 1 Гкал тепловой энергии котлоагрегатом с котлом данного типа при определенных, заранее выбранных оптимальных эксплуатационных условиях. При определении индивидуальной нормы в качестве расчетной топлива принимается вид топлива, указанный в технологическом паспорте котла. Отклонение условий эксплуатации от расчетных, принятых при определении индивидуальных норм, учитывается при расчете групповых норм нормативными коэффициентами.

Групповая норма расхода топлива на выработку тепловой энергии – плановое значение расхода топлива на выработку 1 Гкал тепловой энергии при планируемых условиях производства.

В основу разработок индивидуальных норм b_{ij} должны быть положены нормативные характеристики котлоагрегатов. Нормативная характеристика представляет собой зависимость расхода условного топлива на 1 Гкал произведенной тепловой энергии $b_{к.а}^{бр}$ от нагрузки (производительности) котлоагрегата при нормальных условиях его работы на данном виде топлива. Построение нормативной характеристики предусматривает определение значений удельного расхода топлива брутто, кг у.т./Гкал, во всем диапазоне нагрузки котлоагрегата $Q_{к.а}$ – от минимальной до максимальной:

КПД брутто определяется по результатам режимно-наладочных испытаний котлоагрегата при сжигании топлива одного вида одинаковым способом. В случае невозможности проведения режимно-наладочных испытаний расчет производится по индивидуальным нормам расхода топлива.

2 ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

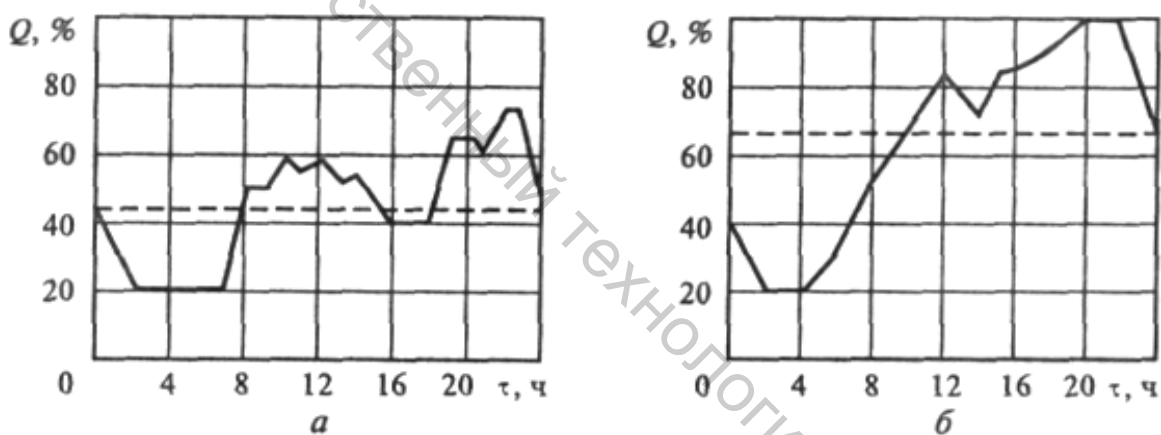
Цель работы: познакомиться с графиками тепловых нагрузок, техническими аспектами получения и отпуска теплоты промышленным предприятиям, на отопление, вентиляцию и бытовые нужды, со схемами расчета систем теплоснабжения.

2.1 Графики тепловых нагрузок

Тепловая энергия требуется для технологических процессов и силовых установок промышленности, для отопления и вентиляции производственных,

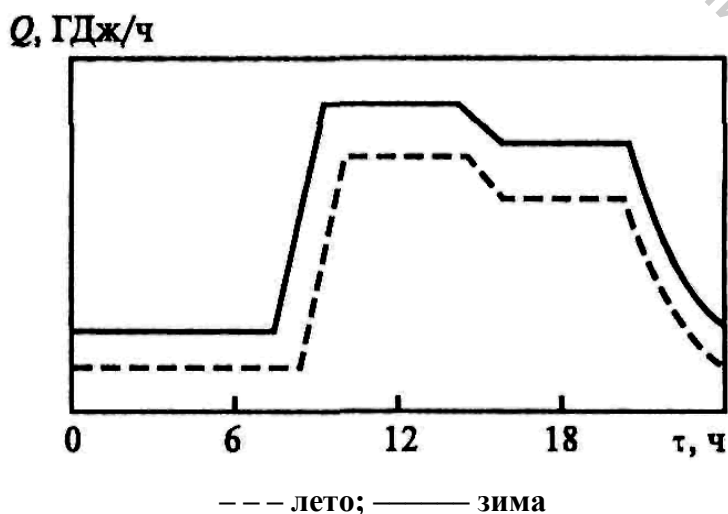
жилых и общественных зданий, кондиционирования воздуха и бытовых нужд. Для производственных целей обычно требуется насыщенный пар давлением от 0,15 до 1,6 МПа. Однако, чтобы уменьшить потери при транспортировке и избежать необходимости непрерывного дренирования воды из коммуникаций, пар отпускают несколько перегретым. На отопление, вентиляцию и бытовые нужды обычно горячая вода поступает с температурой от 70 до 150 °С в городские тепловые сети и от 70 до 180 °С – в пригородные.

Тепловая нагрузка электростанции, определяемая расходом теплоты на производственные процессы и бытовые нужды (горячее водоснабжение), практически не зависит от наружной температуры воздуха. Однако летом эта нагрузка несколько меньше, чем зимой. В то же время промышленная и бытовая тепловые нагрузки резко изменяются в течение суток. Кроме того, среднесуточная нагрузка при использовании теплоты на бытовые нужды в конце недели и предпраздничные дни значительно выше, чем в другие рабочие дни недели. Типичные графики изменения суточной тепловой нагрузки промышленных предприятий и горячего водоснабжения жилого района показаны на рисунках 2.1 и 2.2.



a – в рабочие дни недели; *б* – по субботам

Рисунок 2.1 – Суточные графики изменения расхода теплоты на бытовые нужды района



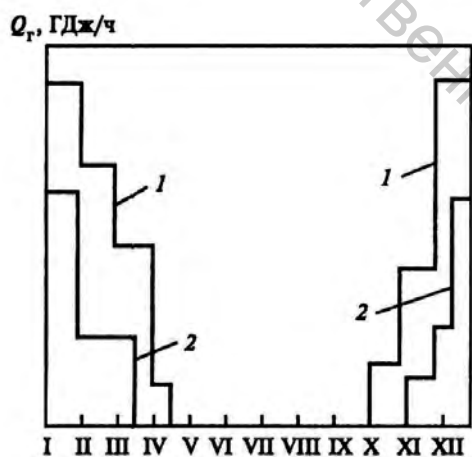
--- лето; — зима

Рисунок 2.2 – График суточной тепловой нагрузки предприятий

Отопительная тепловая нагрузка, расход теплоты на вентиляцию и кондиционирование воздуха зависят от температуры наружного воздуха и имеют сезонный характер. Расход теплоты на отопление и вентиляцию наибольший зимой и полностью отсутствует в летние месяцы; на кондиционирование воздуха теплота расходуется только летом (поэтому расширение сферы применения кондиционированного воздуха приведет к повышению эффективности теплофикации).

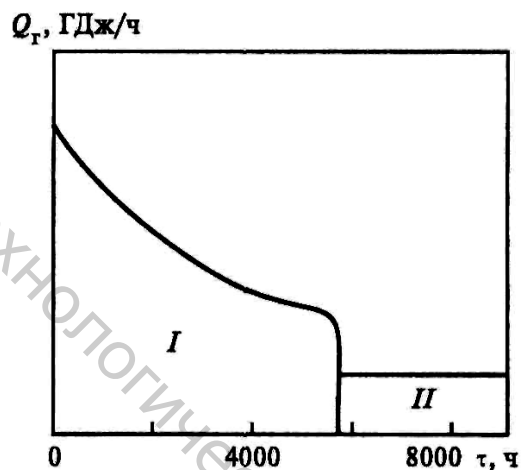
При небольших изменениях температуры наружного воздуха отопительная и вентиляционная нагрузки жилых помещений в течение суток сохраняются практически постоянными. В тех же условиях отопительная нагрузка общественных зданий и промышленных предприятий может в течение суток заметно изменяться, а в нерабочие дни недели значительно понижаться. Вентиляция в нерабочее время вообще выключается. Такое изменение расхода теплоты на отопление и вентиляцию общественных зданий и промышленных предприятий приводит к экономии топлива, расходуемого на эти цели.

На рисунке 2.3 приведен годовой график отопительной нагрузки, а на рисунке 2.4 – суммарный годовой график тепловой нагрузки по продолжительности.



1,2 – максимальные и минимальные значения

Рисунок 2.3 – Годовой график отопительной нагрузки



I – отопительный период;
II – летний период

Рисунок 2.4 – Суммарный годовой график тепловой нагрузки по продолжительности

Отношение общего количества теплоты, отпущенной в течение года, Q_r , к ее максимальной тепловой нагрузке $Q_{\text{макс}}$, определяет число часов, которое потребовалось бы для выработки Q_r при работе теплоэлектростанции с максимальной тепловой нагрузкой. Это отношение называют числом часов использования максимума тепловой нагрузки $\tau_{\text{макс}}$:

$$\tau_{\text{макс}} = Q_r / Q_{\text{макс}}. \quad (2.1)$$

По аналогичным соотношениям можно определить также число часов использования максимума нагрузки отдельно для отопительно-бытовой и промышленной нагрузок. Чем выше $\tau_{\text{макс}}$, тем полнее используется оборудование. Для промышленной нагрузки $\tau_{\text{макс}}$ может достигать 6000 ч/год, в то время как для отопительно-бытовой обычно $\tau_{\text{макс}} = 2500 \dots 4000$ ч/год.

Таким образом, промышленная нагрузка увеличивает число часов использования максимума общей тепловой нагрузки, однако для крупных городских и пригородных ТЭЦ основным видом тепловой нагрузки является отопительная, и поэтому значение $\tau_{\text{макс}}$ для них ниже числа часов использования максимума электрической нагрузки.

Атомные электростанции, используемые для выработки электрической энергии и производства теплоты для опреснения морских и солончаковых вод, имеют равномерные суточные и годовые графики тепловой нагрузки и высокие значения $\tau_{\text{макс}}$.

Графиками тепловых нагрузок необходимо располагать как при проектировании ТЭЦ, так и во время ее эксплуатации. В эксплуатационных условиях по ним выбирается режим работы электростанции. Электрическая нагрузка при этом устанавливается с учетом необходимой общей электрической нагрузки района, возможностей рассматриваемой ТЭС и ряда других факторов; теплофикационная нагрузка в крупных городах также может распределяться между рядом ТЭС района; промышленная тепловая нагрузка должна быть обеспечена данной ТЭЦ и распределяться может лишь между агрегатами этой электростанции, так как потребители получают пар обычно от одной электростанции.

2.2 Расчет системы отопления

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 нормативам, указанным в специальной литературе. При устройстве систем центрального отопления руководствуются правилами СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».

Расчётную разность температур горячей и обратной воды обычно принимают равной 25° , а при панельных системах отопления с целью сокращения типоразмеров нагревательных приборов её допускается уменьшать до 15° . 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° . В двухтрубных системах водяного отопления, наоборот, увеличение расчётной

разности температур воды более чем на 25° способствует недопустимой 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° . С целью снижения металлоёмкости систем отопления допускается применять теплоноситель с температурой горячей воды не более 105° .

При необходимости снижения температуры теплоносителя местные системы водяного отопления зданий присоединяют к наружным тепловым сетям через элеватор или теплообменник.

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 давление 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° , а наибольшая температура подаваемого воздуха в нижнюю зону комнаты – до 60° .

Расчет расхода тепловой энергии на отопление

Максимальный часовой расход тепла на отопление определяется по формуле:

$$Q_{\text{быт}} = q_0 \cdot k_c \cdot V_{\text{н}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н.о.}}), \text{ ккал/ч,}$$

где q_0 – средние удельные отопительные характеристики зданий, $\text{ккал/м}^3 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C}$ (табл. 2.1);

k_c – поправочный коэффициент, учитывающий зависимость расхода тепла от рода и вида системы отопления (для паровоздушного или воздушного отопления $k_c = 1,07$; для водяного с местными нагревательными приборами $k_c = 1,15$; для парового низкого давления по закрытой системе $k_c = 1,33$);

$V_{\text{н}}$ – объем здания по наружному обмеру, м^3 ;

$t_{\text{в}}$ – средняя температура воздуха в здании, $^\circ\text{C}$ (табл. 2.2);

$t_{\text{н.о.}}$ – расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления, $^\circ\text{C}$.

Таблица 2.1 – Теплопотери через ограждающие конструкции отдельных зданий

Здания	Объем зданий, тыс. м ³	Удельные тепловые характеристики, ккал/м ³ ·ч·°С	
		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	–
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 инструм. 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 2.2 – 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, лаборатории, 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:

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

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 «Белтопгаз»)

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

- для участков подземной прокладки:

$$Q_{н}^{ср.г} = S \cdot q^H \cdot l \cdot \beta \cdot T;$$

- для участков надземной прокладки:

$$Q_{н.п.}^{ср.г} = S \cdot q^{H.п.} \cdot l \cdot \beta \cdot T;$$

$$Q_{н.о.}^{ср.г} = S \cdot q^{H.о.} \cdot l \cdot \beta \cdot T,$$

где q^H – нормативные значения удельных тепловых потерь подающего и обратного трубопроводов при подземной прокладке для каждого диаметра труб (табл. 2.3), ккал/м·ч;

$q^{H.п.}$, $q^{H.о.}$ – нормативные значения удельных тепловых потерь соответственно подающего и обратного трубопроводов для каждого диаметра труб при надземной прокладке (табл. 2.4–2.6);

T – часы работы системы отопления в году, ч;

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»: для бесканальной прокладки $\beta = 1,15$; для канальной $\beta = 1,2$; для подземной прокладки $\beta = 1,25$.

Таблица 2.3 – 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
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
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

Таблица 2.4 – 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
57	25	31	56	40	65	47	72
76	29	35	64	45	74	53	82
89	31	38	69	49	80	57	88

Окончание таблицы 2.4

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

Таблица 2.5 – 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

Таблица 2.6 – 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

Окончание таблицы 2.6

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. 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.

Потери тепловой энергии в неизолированных трубопроводах определяют по формуле:

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

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, ч;

α – коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности теплопровода, ккал/м³·°С, определяется по формуле:

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

где W – вынужденная конвекция воздуха принята 4,3 м/с;

t – температура излучающей поверхности (температура теплоносителя), °С.

3 РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ЧЕРЕЗ ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Цель работы: познакомиться со схемами расчета тепловых потерь через ограждающие конструкции зданий и сооружений, расхода энергии на компенсацию тепловых потерь.

3.1 Общие сведения

Требованиями СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» установлены три показателя тепловой защиты здания:

а) приведенное сопротивление теплопередаче отдельных элементов ограждающих конструкций здания;

б) санитарно-гигиенический, включающий температурный перепад между температурами внутреннего воздуха и на поверхности ограждающих конструкций и температуру на внутренней поверхности выше температуры точки росы;

в) удельный расход тепловой энергии на отопление здания, позволяющий варьировать величинами теплозащитных свойств различных видов ограждающих конструкций зданий с учетом объемно-планировочных решений здания и выбора систем поддержания микроклимата для достижения нормируемого значения этого показателя.

Требования тепловой защиты здания будут выполнены, если в жилых и общественных зданиях будут соблюдены требования показателей "а" и "б" либо "б" и "в". В зданиях производственного назначения необходимо соблюдать требования показателей "а" и "б".

3.2 Определение расхода теплоэнергии на компенсацию потерь тепла через оконные проемы

$$Q = Q_{от} + Q_{и}, \text{ Гкал.}$$

Основной годовой расход теплоэнергии на компенсацию потерь тепла через ограждающие конструкции оконных проемов рассчитывается по формуле

$$Q_{от} = F_o / R_T * (t_{вн} - t_n) * n * T_{от} * 10^{-6}, \text{ Гкал,}$$

где F_o – площадь ограждающих конструкций оконных проемов, м²;

R_T – сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций оконных проемов, м² °С ч/ккал;

$t_{вн}, t_n$ – расчетные температуры воздуха внутри помещения и наружного воздуха, °С;

n – коэффициент, зависящий от положения наружной поверхности ограждающих конструкций оконных проемов по отношению к наружному воздуху, принимаемый согласно СНБ 2.01.01-93 «Строительная теплотехника»;

$T_{от}$ – длительность отопительного периода, суток.

Добавочный годовой расход тепловой энергии на нагревание наружного воздуха, поступающего путем инфильтрации через щели ограждающих конструкций оконных проемов, рассчитывается по формуле

$$Q_{и} = 0,24 * A * G * F_0 * (t_{вн} - t_{н}) * T_{от} * 10^{-6}, \text{ Гкал};$$

где A – коэффициент, учитывающий влияние встречного теплового потока, для окон и балконных дверей с отдельными переплетами $A = 0,8$, со спаренными переплетами $A = 1,0$;

F_0 – площадь ограждающих конструкций оконных проемов, м^2 ;

$t_{вн}, t_{н}$ – расчетные температуры воздуха внутри помещения и наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$;

$T_{от}$ – длительность отопительного периода, суток;

G – количество воздуха, поступающего в помещения жилых и общественных зданий путем инфильтрации через окна и балконные двери, определяемое по формуле

$$G = \Delta P / R_{и}, \text{ кг/ (м}^2 \text{ ч)};$$

где $R_{и}$ – сопротивление воздухопроницанию оконных блоков $\text{м}^2 \text{ ч Па/кг}$;

ΔP – разность давления воздуха у наружной и внутренней поверхностей ограждающих конструкций оконных проемов (Па), определяемая по формуле:

$$\Delta P = 0,55 * H * (p_{н} - p_{в}) + 0,03 * p_{н} * V_{ср2}, \text{ Па},$$

где H – высота здания от поверхности земли до верха карниза, м ;

$V_{ср2}$ – максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, повторяемость которых составляет 16 % и более, принимаемая по таблице 4.5 СНБ 2.01.01-93 «Строительная теплотехника», м/с ;

$p_{н}$ и $p_{в}$ – удельный вес внутреннего и наружного воздуха, Н/м^3 .

Определение годовой экономии тепловой энергии от внедрения энергоэффективных оконных блоков из ПВХ

$$\Delta Q = Q_{сущ} - Q_{зам}, \text{ Гкал};$$

где $Q_{сущ}$ – годовой расход теплоэнергии на компенсацию потерь тепла через существующие ограждающие конструкции оконных проемов, подлежащие замене, Гкал;

$Q_{зам}$ – годовой расход теплоэнергии на компенсацию потерь тепла через ограждающие конструкции оконных проемов, предлагаемые в качестве замены, Гкал.

Определение экономии топлива от снижения потребления тепловой энергии

$$\Delta B_{тэ} = \Delta Q * (1 + k_{пот}/100) * b_{тэ} * 10^{-3}, \text{ т.у.т.},$$

где ΔQ – годовое снижение тепловых потерь через ограждающие конструкции (экономия тепловой энергии), Гкал;

$b_{тэ}$ – удельный расход топлива на производство тепловой энергии на теплоисточнике. В целях соблюдения сопоставимости в расчетах средний удельный расход принимается равным коэффициенту пересчета тепловой энергии в условное топливо 175 кг у.т./Гкал;

$k_{поттэ}$ – коэффициент потерь в существующих тепловых сетях.

4 СОСТАВЛЕНИЕ И АНАЛИЗ ТЕПЛОВЫХ БАЛАНСОВ УСТАНОВОК

Цель работы: познакомиться с общей методикой составления и анализа тепловых балансов энергетических установок.

Тепловой баланс является частным случаем энергетического баланса. Так как в основе энергетического баланса лежит закон сохранения и превращения энергии, то тепловой баланс устанавливает соотношение между общим приходом и расходом тепла. Его составляют для одной из технологических зон печи, для одной печи, для всей промышленной установки в целом, включая всю теплоиспользующую аппаратуру, а также по отдельным периодам тепловой обработки материала. Тепловой баланс служит для определения расхода теплоносителя или другой неизвестной величины.

Чтобы составить уравнение теплового баланса, необходимо выбрать определенную базу. Базой теплового баланса называют количество тепла, принимаемого за 100% прихода или расхода тепла. Такой базой может служить количество тепла, расходуемого за 1 час, за 1 цикл тепловой обработки, на 1000 шт., на 100 м² на 1 п.м изделий, на 1 кг, на 1 т готового продукта и пр. По отношению к этой базе в % оценивается каждая статья прихода и расхода тепла. Для непрерывно действующих установок рекомендуется составлять уравнение теплового баланса на 1 час работы, что значительно облегчает расчет таких расходов тепла, как потери в окружающую среду. Для установок периодического действия баланс составляется по периодам или на весь цикл работы или на единицу продукции.

Уравнение теплового баланса записывают в виде:

$$\sum Q_{\text{прих}} = \sum Q_{\text{расх}}$$

где $\sum Q_{\text{прих}} = B \cdot Q_{\text{н}}^{\text{р}} + Q_{\text{экз.}} + Q_{\text{эл.}} + Q_{\text{ф.т.}} + Q_{\text{ф.в.}} + Q_{\text{ф.м.}}$,

$$\sum Q_{\text{расх.}} = Q_{\text{м.}} + Q_{\text{энд.}} + Q_{\text{утил.}} + Q_{\text{у.г.}} + Q_{\text{хмн}} + Q_{\text{ак.}} + Q_{\text{о.с.}} + Q_{\text{н.о.}} = \sum Q_{\text{пол.}} + \sum Q_{\text{пот.}}$$

Здесь учитывают следующие расходные и приходные статьи: $B \cdot Q_{\text{н}}^{\text{р}}$ – тепло, поступающее от сгорания топлива; $Q_{\text{экз.}}$ – тепло, поступающее от экзотермических реакций; $Q_{\text{эл.}}$ – затраты теплоты в связи с расходом электрической

энергии; $Q_{ф.т.}$ – физическое тепло топлива; $Q_{ф.в.}$ – физическое тепло воздуха, идущего на горение или поступающего от рециркуляции; $Q_{ф.м.}$ – физическое тепло материала, поступающего в установку; $Q_{м.}$ – тепло, расходуемое на нагрев материала; $Q_{энд.}$ – тепло, расходуемое на эндотермические реакции; $Q_{утил.}$ – теплота, утилизированная вне установки;

$Q_{у.г.}$ – потери теплоты с уходящими газами; $Q_{хмн}$ – потери теплоты от химической и механической неполноты сгорания топлива; $Q_{ак.}$ – расход тепла на аккумуляцию корпуса установки; $Q_{о.с.}$ – потери тепла в окружающую среду; $Q_{н.о.}$ – потери тепла от наружного охлаждения (лучеиспускание через открытые отверстия в печи за счет фильтрации газов через кладку; потери тепла с водой, охлаждающей поверхности стен и оборудования печи; потери тепла с транспортными устройствами, тарой и т.п.).

Как видно, построение энергобаланса позволяет определить КПД установки и проанализировать потери с целью определения путей их уменьшения.

В процессе тепловой обработки масса материала претерпевает изменения (происходит испарение влаги, выделение газов, унос части материала, появление золы и шлаков и др.). Поэтому перед составлением теплового баланса предварительно составляют материальный баланс. В его основе лежит закон сохранения массы, согласно которому масса поступающих исходных продуктов в тепловую установку должна быть равна массе конечных выгружаемых продуктов

$$\sum G_{нач.} = \sum G_{кон.}$$

В реальных условиях тепловой обработки существуют необратимые потери, такие как унос влаги при испарении, материала при транспортировании, газов за счет газовой выделении при неполноте прохождения химических реакций и т.п. Поэтому материальный баланс чаще записывают в виде

$$\sum G_{нач.} = \sum G_{кон.} + \sum G_{пот.}$$

Материальный баланс, так же, как и тепловой, составляется для всего процесса в целом или для отдельных его частей, по всем компонентам материала, участвующих в процессе или по какому-то одному. Он также рассчитывается на 1 час, 1 сутки, 1 цикл и т.д. работы установки. Для периодических установок материальный баланс составляется на один цикл работы или на единицу массы исходных либо конечных материалов.

5 ИССЛЕДОВАНИЕ СРАВНИТЕЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

Цель работы: изучить устройство, принцип действия и сравнение основных параметров наиболее распространенных типов электрических источни-

ков света со схемами расчета тепловых потерь через ограждающие конструкции зданий и сооружений, расхода энергии на компенсацию тепловых потерь.

5.1 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 про-

исходит люминесценция, называются *люминофорами*.

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 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

люминесцирующих вещества. 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 отрезками, 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: вольфрамита 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.

5.2 Порядок выполнения работы

1. Подготовить люксметр к работе.
2. Включить питание стенда (QF1). Подключить питание (рис. 5.1).
3. Соединить кабелем 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.

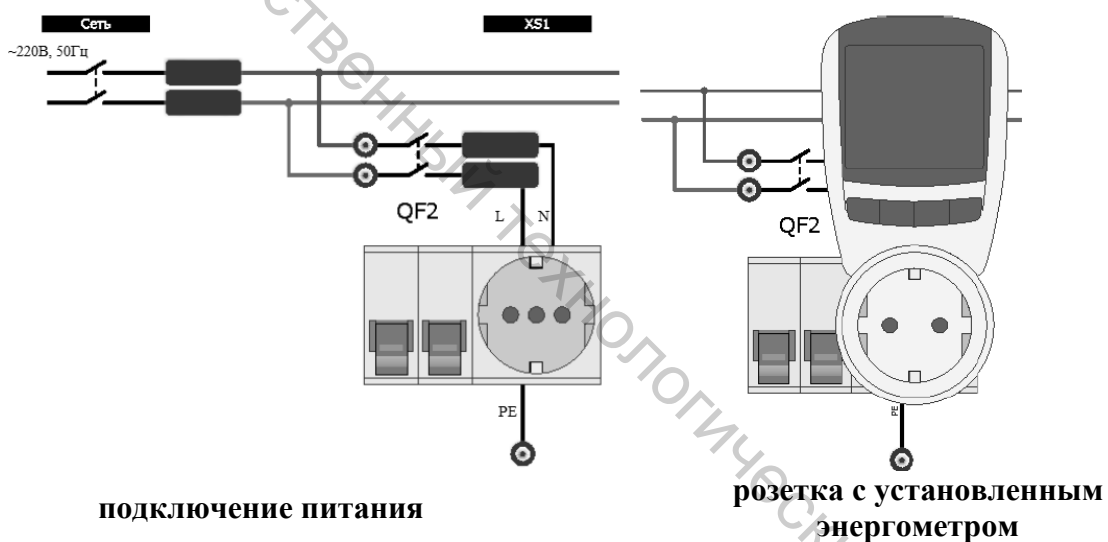


Рисунок 5.1 – Схема подключения стенда к работе

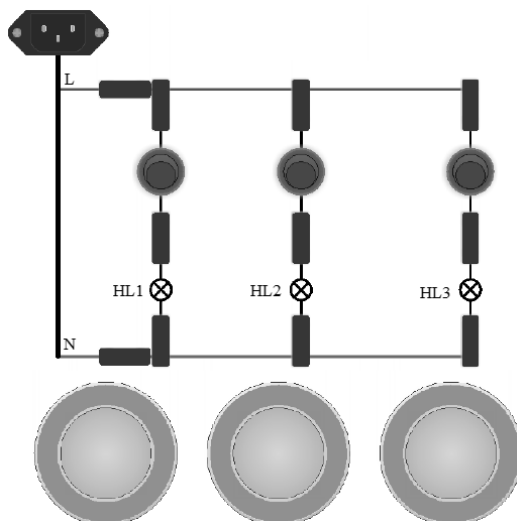


Рисунок 5.2 – Схема подключения источников света

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 электроэнергия за 5 минут	Вт·ч			

Расчетная средняя мощность лампы, Вт

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

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

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

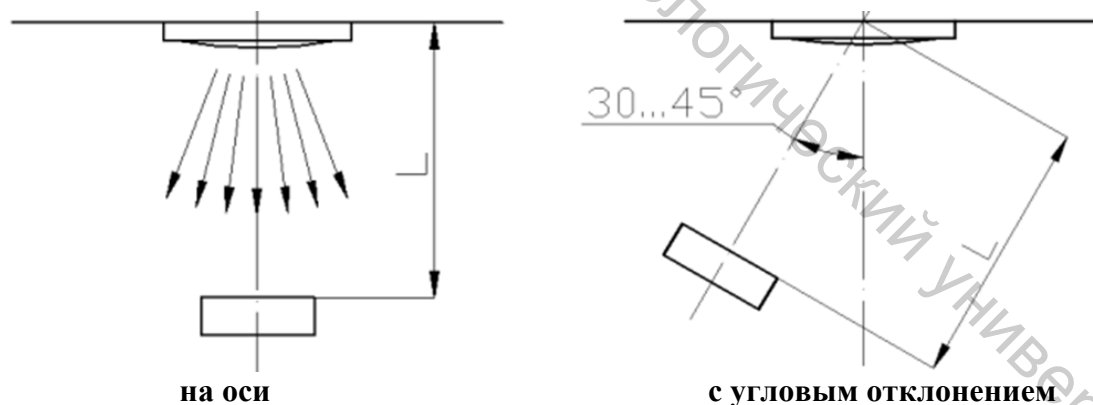


Рисунок 5.3 – Измерение освещенности от точечных светильников

Таблица 5.2 – Протокол измерений освещенности 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 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 Φ_{cp}				

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

Расчетная световая отдача, лм/Вт

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

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

5.3 Определение расхода топлива при применении ламп накаливания либо люминесцентных ламп с электромагнитным дросселем

Определение потребляемого количества электроэнергии при работе освещения

$$\mathcal{E}_1 = \sum (n_i \cdot N_{\text{ли}} \cdot T_{\text{pi}}), \text{ кВт ч},$$

где n_i – количество осветительных приборов одинаковой мощности, шт.;

$N_{\text{ли}}$ – мощность применяемых одинаковых ламп, кВт;

T_{pi} – число часов работы в году, ч.

Определение расхода топлива на отпуск электроэнергии, используемой на освещение

$$B_1 = \mathcal{E}_1 \cdot (1 + k_{\text{потээ}}/100) \cdot b_{\text{эз}} \cdot 10^{-6}, \text{ т у.т.},$$

где $b_{\text{эз}}$ – удельный расход топлива на отпуск электроэнергии принимается равным фактическому расходу топлива на замыкающей станции в энергосистеме за год, предшествующий составлению расчета, т у.т./кВт ч; $k_{\text{потээ}}$ – коэффициент, учитывающий потери в электрических сетях.

При этом электроэнергия, необходимая для освещения, принимается от замыкающей станции энергосистемы с учетом потерь в электрических сетях.

5.4 Определение расхода топлива при применении люминесцентных ламп с электронной пускорегулирующей аппаратурой

Определение потребляемого количества электроэнергии при работе освещения с применением осветительных приборов с автоматической регулировкой светового потока

$$\mathcal{E}_2 = \sum (k_i \cdot (1 - 0,3) \cdot N_{эли} \cdot T_{pi}), \text{ кВт ч,}$$

где k_i – количество энергоэкономичных осветительных приборов одинаковой мощности, шт.;

$N_{эли}$ – мощность применяемых одинаковых осветительных приборов с автоматической регулировкой, кВт;

T_{pi} – число часов работы в году, часов.

Снижение потребления электроэнергии осветительными приборами за счет автоматизации достигает 30 %, из которых 10 % – за счет поддержания освещенности на уровне 500 лк без запаса, 20 % – за счет автоматического регулирования светового потока относительно естественного освещения.

Определение расхода топлива на отпуск электроэнергии, используемой на освещение

$$B_2 = \mathcal{E}_2 \cdot (1 + k_{потээ} / 100) \cdot b_{ээ} \cdot 10^{-6}, \text{ т у.т.,}$$

где $b_{ээ}$ – удельный расход топлива на отпуск электроэнергии принимается равным фактическому расходу топлива на замыкающей станции в энергосистеме за год, предшествующий составлению расчета, т у.т./кВт ч; $k_{потээ}$ – коэффициент, учитывающий потери в электрических сетях, %.

При этом электроэнергия, необходимая для освещения, принимается от замыкающей станции энергосистемы с учетом потерь в электрических сетях.

5.5 Определение экономии топлива от внедряемого мероприятия

Экономия топлива от замены ламп определяется по формуле

$$\Delta B = B_1 - B_2, \text{ т у.т.}$$

6 ОЗНАКОМЛЕНИЕ С ОСНОВНЫМИ ИНСТРУМЕНТАМИ И ТЕХНОЛОГИЯМИ ИЗМЕРЕНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭНЕРГОАУДИТА ОБЪЕКТА

Цель и задачи работы: изучить основы энергетического аудита, современные технологии профессионального энергоаудита, экспресс-аудита, общую методологию проведения работ по тепловизионному обследованию зданий.

6.1 Общие сведения

Энергоаудит (энергетическое обследование) – сбор и обработка инфор-

мации об использовании энергетических ресурсов в целях получения достоверной информации об объеме используемых энергетических ресурсов, о показателях энергетической эффективности, выявления возможностей энергосбережения и повышения 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.

6.2 Описание приборов, применяемых для энергоаудита объекта

Перечень основных приборов, используемых при энергетическом обследовании объектов: тепловизор (рис. 6.1; табл. 6.1); пирометр; контактный термометр; счетчики и анализаторы электрической энергии; электроизмерительные приборы (мегаомметры, токовые клещи, вольтметры и прочее); люксметр (рис. 6.2, 6.3; табл. 6.2); измеритель плотности теплового потока; измеритель запыленности (аспиратор); анемометр; течеискатель.



Рисунок 6.1 – RGK TL-80

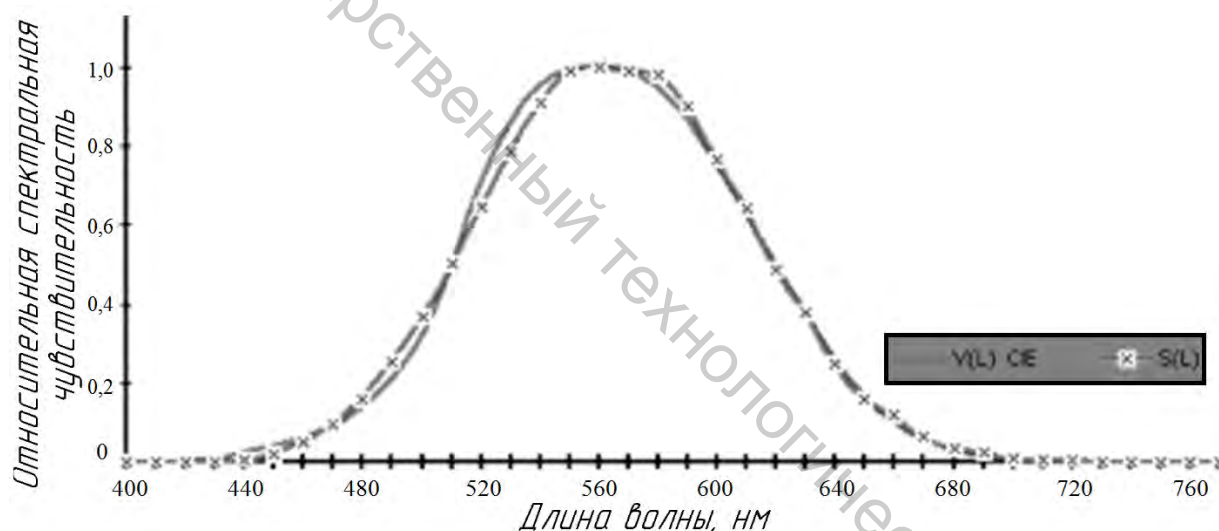


Рисунок 6.2 – Люксметр ТКА

Таблица 6.1 – 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

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 6.3 – Относительная спектральная чувствительность люксметра ТКА

Таблица 6.2 – 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) (рис. 6.4, табл. 6.3). Прибор включается между питающей розеткой и штекером электрооборудования и измеряет сле-

дующие параметры: напряжение [В]; сила тока [А]; мощность (активная) [Вт]; расход электроэнергии [кВт*ч]; коэффициент мощности (cos φ).

Таблица 6.3 – 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



Рисунок 6.4 – Энергометр

6.3 Общая методология проведения работ по тепловизионному обследованию зданий

При тепловизионном обследовании несущих и ограждающих конструкций проводится 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 оценить степень однородности поверхности.

По возможности, обследуемые поверхности должны быть очищены от грязи, плесени, наледи, снега и других налетов, не свойственных материалам исследуемых конструкций.

При невозможности 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;

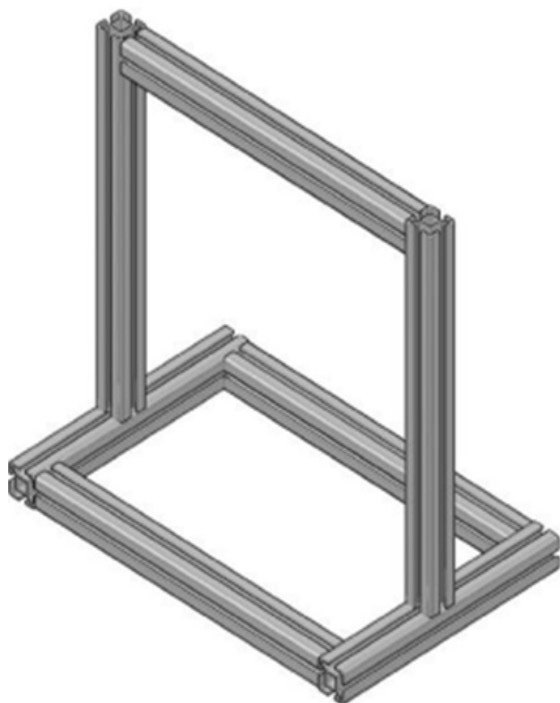
- анализ характера изменения температурного поля и определение коэффициента теплотехнической однородности конструкций;

– 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;

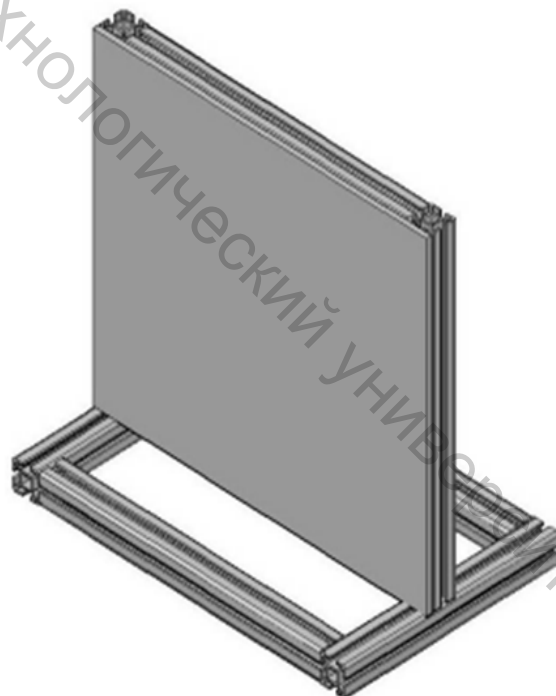
– определение термического сопротивления конструкций, коэффициентов теплоотдачи внутренней и наружной поверхностей и воздухопроницаемости ограждающих конструкций.

6.4 Исследование теплоизоляционных свойств материалов

1. Подготовить тепловизор к работе.
2. Включить питание стенда (QF1). Подключить питание (рис. 5.1).
3. Соединить кабелем выходной разъем энергометра и розетки XP1.
4. Собрать схему, как показано на рисунке 5.2 в практической работе 5.
5. Включить QF2. Включить лампу накаливания.
6. Разместить штатив (рис. 6.5) на столешнице напротив лампы.
7. Закрепить на штативе один из образцов при помощи струбцин.
8. Произвести термотрафирование исследуемого образца.
9. Провести опыты с другими образцами или комбинациями образцов.
10. После завершения работ выключить питание и разобрать схемы.



штатив



установка экрана

Рисунок 6.5 – Штатив для установки теплоизоляционных экранов

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ К ЗАЩИТЕ

1. Энергосбережение, основные мероприятия по рациональному использованию ТЭР.
2. Транспорт теплоты и электрической энергии.
3. Эффективное использование электроэнергии. Искусственное освещение.
4. Приближенный метод расчета потерь тепла в зданиях и сооружениях.
5. Основные направления повышения эффективности использования энергии в зданиях.
6. Формы учета энергии.
7. Регулирование потребления энергии. Энергометр.
8. Энергетический аудит, цели и задачи.
9. Тепловизор. Назначение и устройство. Основные характеристики.
10. Энергоаудит систем отопления. Термографирование.
11. Дефекты и неисправности электрооборудования, выявляемые при термографировании.
12. Характеристика схем совместного присоединения систем отопления и горячего водоснабжения и основные контролируемые параметры в этих системах при проведении инструментального обследования.
13. Схема проведения энергетического аудита.
14. Классификация энергосберегающих мероприятий и технологий.
15. Энергетические балансы предприятий, их виды.
16. Энергоэкономические показатели.
17. Поток излучения, единицы измерения.
18. Плотность потока излучения (энергетическая освещенность), единицы измерения.
19. Световой поток, единицы измерения.
20. Освещенность, единицы измерения. Приборы для измерения освещенности.
21. Относительная спектральная чувствительность люксметра.
22. От каких величин зависит освещенность?
23. Тепловое излучение. От какого вида источников оно получается?
24. Люминесцентное излучение. От каких источников оно получается?
25. Основные виды электрических источников света.
26. Принцип действия ламп накаливания. Основные недостатки и достоинства ламп накаливания.
27. Конструкция и принцип действия люминесцентной лампы.
28. С помощью каких характеристик можно сравнивать эффективность различных источников света?
29. КПД источников света.
30. Какой вид имеют графики суточной тепловой нагрузки предприятий и на бытовые нужды района?
31. Какой вид имеет годовой график отопительной нагрузки?
32. Что называется числом часов использования максимальной тепловой

нагрузки и в каких пределах оно меняется?

33. Вид суммарного годового графика тепловой нагрузки по продолжительности.

34. Типичные температурный и расходный графики сетевой воды при закрытой схеме ГВС.

Витебский государственный технологический университет

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Овчинников, Ю. В. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях : учебное пособие / Ю. В. Овчинников, О. К. Григорьева, А. А. Францева. – Новосибирск : НГТУ, 2015. – 258 с.

2. Основы современной энергетики : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки «Теплоэнергетика», «Электроэнергетика», «Энергомашиностроение» : в 2-х томах. Т. 1 : Современная теплоэнергетика / под общ. ред. Е. В. Аметистова. – 6-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательский дом МЭИ, 2016. – 511 с.

3. Основы современной энергетики : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки «Теплоэнергетика», «Электроэнергетика», «Энергомашиностроение» : в 2-х томах. Т. 2 : Современная электроэнергетика / И. М. Бортник [и др.] ; под общ. ред. Е. В. Аметистова. – 6-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательский дом МЭИ, 2016. – 677 с.

4. Андрижиевский, А. А. Энергосбережение и энергетический менеджмент : учебное пособие / А. А. Андрижиевский, В. И. Володин. – Минск : Высшая школа, 2005. – 294 с.

5. Андрижиевский, А. А. Энергосбережение и энергетический менеджмент : учебное пособие для студентов технологических, инженерно-технических и инженерно-экономических спец. учреждений, обеспечивающих получение высшего образования / А. А. Андрижиевский, В. И. Володин. – 2-е изд., испр. – Минск : Вышэйшая школа, 2005. – 294 с.

6. Закон Республики Беларусь об энергосбережении от 08 января 2015 г. № 293-З. Принят Палатой представителей 11 декабря 2014 года. Закон одобрен Советом Республики 18 декабря 2014 года.

7. Источники и системы теплоснабжения. Тепловые сети и тепловые пункты : учебник для студентов, обучающихся по специальностям 13.03.01 и 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» / Е. Г. Авдюнин. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. – 299 с.

8. Об энергосбережении : Закон Республики Беларусь : 8 января 2015 г. № 239-З : [Принят Палатой представителей 11 декабря 2014 г. : Одобрен Советом Республики 18 декабря 2014 г.]. – Минск : Энергопресс, 2015. – 32 с.

9. Положение о порядке и условиях проведения государственной экспертизы энергетической эффективности. Утверждено постановлением Совета Министров Республики Беларусь 18.03. 2016 № 216.

10. Положение о порядке организации и проведения энергетических обследований (энергоаудитов). Утверждено постановлением Совета Министров Республики Беларусь 18.03. 2016 № 216.

11. Положение о порядке разработки, установления и пересмотра норм расхода топливно-энергетических ресурсов. Утверждено постановлением Совета Министров Республики Беларусь 18.03. 2016 № 216.

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

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 теплоэнергетики.

Витебский государственный технологический университет

Учебное издание

ОСНОВЫ ЭКОЛОГО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

Методические указания по выполнению практических работ

Составители:

Жерносек Сергей Васильевич
Игнатьев Сергей Александрович

Редактор *Т.А. Осипова*

Корректор *Т.А. Осипова*

Компьютерная верстка *С.В. Жерносек*

Подписано к печати 21.03.2022. Формат 60x90¹/₁₆. Усл. печ. листов 2,8.
Уч.-изд. листов 3,6. Тираж 50 экз. Заказ № 96.

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.