

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет мехатроники и автоматизации  
Заочный факультет

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФМА

профессор, д.т.н. Щуров Николай Иванович

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ г.

УТВЕРЖДАЮ

Декан ЗФ

профессор, д.т.н. Темлякова Зоя Савельевна

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Теория электронагрева и теплопередачи

ООП: специальность 140601.65 Электромеханика

Шифр по учебному плану: ОПД.В.2.2

Факультет: заочный                      заочная форма обучения

Курс: 3 4,                      семестр: 6 7

Лекции: 8

Практические работы: -                      Лабораторные работы: 4

Курсовой проект: -                      Курсовая работа: -                      РГЗ: -

Самостоятельная работа: 88

Экзамен: -                      Зачет: 7

Всего: 100

Новосибирск

2011

Рабочая программа составлена на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению (специальности): 654500 Электротехника, электромеханика и электротехнологии.(№ 207 тех/дс от 27.03.2000)

ОПД.В.2.2, дисциплины по выбору студента

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Автоматизированных электротехнологических установок протокол № 03/11 от 11.05.2011

Программу разработал

доцент, к.т.н.

Синицын Валерий Алексеевич

Заведующий кафедрой

профессор, д.т.н.

Алиферов Александр Иванович

Ответственный за основную образовательную программу

профессор, д.т.н.

Шевченко Александр Федорович

## 1. Внешние требования

### 1.4.2. Объекты профессиональной деятельности выпускника.

Объектами профессиональной деятельности выпускника являются:

электрические машины, трансформаторы, техника сильных электрических и магнитных полей, электромеханические комплексы и системы, включая их управление и регулирование;

электрические и электронные аппараты, комплексы и системы электромеханических и электронных аппаратов, автоматические устройства и системы управления потоками энергии;

электрическая изоляция электроэнергетических, электротехнических и радиоэлектронных устройств, кабельные изделия и провода, электрические конденсаторы, материалы и системы электрической изоляции кабелей, электрических конденсаторов;

управляемые электромеханические и технологические системы, включающие электрические, электромеханические, механические и информационные преобразователи и устройства, предназначенные для преобразования электрической энергии в механическую (и наоборот);

электротехнологические, электросварочные и электрофизические установки и процессы, установки и приборы бытового электронагрева;

различные виды электрического транспорта и средства обеспечения оптимального функционирования транспортных систем;

### 1.4.4. Задачи профессиональной деятельности выпускника.

Инженер по направлению подготовки "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" подготовлен к решению следующих профессиональных задач:

а) проектно-конструкторская и технологическая деятельность:

- прогнозирование надежности разрабатываемых изделий, систем и их элементов с учетом технологии производства;

б) исследовательская деятельность:

- анализ состояния и динамики объектов деятельности;

- создание теоретических моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов деятельности;

### 1.4.5. Квалификационные требования.

Для решения профессиональных задач инженер:

- выполняет работы по проектированию, информационному обслуживанию, организации производства, труда и управлению, метрологическому обеспечению, технологическому оснащению, техническому контролю;

- способствует полезному использованию природных ресурсов, энергии и материалов;

- проводит технико-экономический анализ, комплексно обосновывает принимаемые и реализуемые решения, изыскивает возможности сокращения цикла выполнения работ, содействует подготовке процесса их выполнения, обеспечению необходимыми техническими данными, материалами, оборудованием потоками информации;

### 7.1. Требования к профессиональной подготовленности выпускника.

Выпускник должен уметь решать задачи, соответствующие его квалификации.

Инженер должен знать:

- методы создания и анализа теоретических моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов деятельности;

- принципы работы, технические характеристики, конструктивные особенности разрабатываемых и используемых технических средств, материалов и их свойства;

- методы проведения технических расчетов и определения экономической эффективности исследований и разработок;

Инженер должен уметь:

- находить компромисс между различными требованиями (к стоимости, качеству, безопасности и срокам исполнения) как при долговременном, так и при краткосрочном планировании;

- разрабатывать и использовать систем автоматизированного проведения эксперимента;

- использовать компьютерные технологий моделирования и обработки результатов.

Требования ООП к содержанию дисциплины отражены в таблице 1.1.

Таблица 1.1

| Шифр дисциплины | Содержание учебной дисциплины  | Часы       |
|-----------------|--|------------|
| ОПД.В.2.2       | Виды теплообмена. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Теплопроводность при стационарном и нестационарном режимах. Теплопередача конвекцией. Пути интенсификации процесса теплопередачи. Теплообмен излучением. Теплообмен в ЭТУС. | <b>100</b> |

ООП утверждена Ученым советом ЭМФ, протокол №3 от 07.03.2006.

## 2. Особенности (принципы) построения дисциплины

Таблица 2.1

### Особенности (принципы) построения дисциплины

| Особенность (принцип)   | Содержание   |
|---|--|
| Основания для введения дисциплины в учебный план по направлению или специальности | Решение ученого совета ЭМФ, протокол №3 от 07.03.2006.   |
| Адресат курса   | Студенты инженерной подготовки по направлению "Электротехника, электромеханика и электротехнологии"  |
| Основная цель (цели) дисциплины   | Теоретическая и практическая подготовка в области теплопередачи и электронагрева, развитие инженерного мышления, приобретение знаний, необходимых для изучения последующих дисциплин   |
| Ядро дисциплины   | Задачи энергетической эффективности, связанные с теоретическими основами и практическими методами расчетов энергетического баланса электротехнологического оборудования, моделирования условий протекания электротехнологических процессов.  |
| Связи с другими учебными дисциплинами основной образовательной программы          | Знания, полученные в рамках данной дисциплины, могут быть востребованы в специальных дисциплинах.  |
| Требования к первоначальному уровню подготовки обучающихся                        | Для успешного изучения дисциплины студенту необходимы знания, получаемые из курсов : общая физика, математический анализ, специальные главы высшей математики, теоретические основы электротехники. Опыт работы на персональном компьютере, знание программы автоматизации математических и инженерных расчетов (MatCad, Excel). |
| Особенности организации учебного процесса по дисциплине                           | На лабораторных работах студенты исследуют процессы теплопередачи на компьютерных моделях, разработанных студентами предыдущих выпусков в рамках выполнения  |

|  |   |
|--|---|
|  | выпускных работ бакалавров под руководством сотрудников кафедры АЭТУ. |
|--|---|

### 3. Цели учебной дисциплины

Таблица 3.1

После изучения дисциплины студент будет

|       |   |
|-------|---|
| знать |   |
| 1     | Формулировку закона теплопроводности Фурье.   |
| 2     | Определение и физический смысл термина тепловой поток и плотность теплового потока.   |
| 3     | Математическую форму записи уравнения теплопроводности для тел классической формы (пластина, цилиндр).  |
| 4     | Физический смысл граничных условий к уравнению теплопроводности и форму их записи.  |
| 5     | Определение термина критический диаметр изоляции.   |
| 6     | Определение термина идеальное ребро.  |
| 7     | Физический смысл и форму записи критериев Фурье и Био.  |
| 8     | Определение и форму записи закона теплообмена Ньютона-Рихмана.  |
| 9     | Физический смысл термина коэффициент теплоотдачи и основные факторы, влияющие на его величину.  |
| 10    | Смысл терминов тепловой и гидродинамический пограничные слои.   |
| 11    | Физический смысл и форму записи основных критериев конвективного теплообмена: критериев Нуссельта, Рейнольдса, Прандтля, Грасгофа.                                |
| 12    | Физический смысл термина стабилизированное течение жидкости в канале  |
| 13    | Физический смысл терминов поток и плотность потока излучения.   |
| 14    | Определение термина абсолютно черное тело.  |
| 15    | Формулировку основных законов теплового излучения: законов Планка, Стефана-Больцмана, Кирхгофа.   |
| 16    | Физический смысл термина степень черноты.   |
| 17    | Физический смысл термина угловой коэффициент излучения.   |
| уметь |   |
| 18    | Рассчитывать термические сопротивления, тепловые потоки и перепады температур в многослойных стенках при граничных условиях различного типа.                      |
| 19    | Записать уравнение теплового баланса для стационарного и нестационарного процессов теплопроводности в пластине и цилиндре.  |
| 20    | Рассчитать коэффициент теплоотдачи при обтекании пластины и цилиндра при естественной и вынужденной конвекции.  |
| 21    | Рассчитать коэффициент теплоотдачи при течении в канале.  |
| 22    | Анализировать влияние теплофизических свойств материала и размеров на установление стационарных условий при нагреве тела классической формы (пластины, цилиндра). |
| 23    | Анализировать влияние оптических свойств поверхности (степени черноты, отражательной способности) на температурный уровень в замкнутом печном пространстве.       |
| 24    | Анализировать влияние геометрических факторов на теплообмен излучением в пространстве печи.   |

#### 4. Содержание и структура учебной дисциплины

| Лекционные занятия   |      | Таблица 4.1        |
|--|------|--------------------|
| (Модуль), дидактическая единица, тема  | Часы | Ссылки на цели     |
| Семестр: 6   |      |                    |
| Дидактическая единица: Виды теплообмена.   |      |                    |
| Виды теплообмена. Основные понятия, определения. Теплопроводность. Конвективный теплообмен. Теплообмен излучением.   | 2    | 1, 2               |
| Семестр: 7   |      |                    |
| Дидактическая единица: Виды теплообмена.   |      |                    |
| Теплопередача теплопроводностью. Основные понятия и определения. Температурное поле. Стационарные и нестационарные температурные поля. Изотермические поверхности. Тепловой поток. Плотность теплового потока. Температурный градиент. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности.  | 1    | 1, 2               |
| Дидактическая единица: Дифференциальное уравнение теплопроводности.  |      |                    |
| Дифференциальное уравнение теплопроводности. Вывод и физический смысл дифференциального уравнения теплопроводности. Условия однозначности (краевые условия). Коэффициент температуропроводности.   | 1    | 3, 4               |
| Дидактическая единица: Теплопередача конвекцией.   |      |                    |
| Теплопередача конвекцией. Основные понятия, определения, законы, уравнения. Закон Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена: уравнение энергии, уравнение движения, уравнение неразрывности. Гидродинамический и тепловой пограничные слои. Пути интенсификации процесса теплопередачи. Увеличение коэффициентов теплоотдачи. Теплопередача через ребренную стенку. | 2    | 10, 11, 8, 9       |
| Дидактическая единица: Теплообмен излучением.  |      |                    |
| Теплообмен излучением. Основные понятия и определения. Закон Планка, закон Вина, закон Стефана-Больцмана, закон Кирхгофа. Уравнение теплообмена излучением между двумя серыми телами с плоскопараллельными поверхностями. Уравнение теплообмена излучением между двумя коаксиальными цилиндрическими поверхностями. Плоские и цилиндрические тепловые экраны. Сложный теплообмен.  | 2    | 13, 14, 15, 16, 17 |

| (Модуль), дидактическая единица, тема   | Учебная деятельность  | Часы | Ссылки на цели |
|---|---|------|----------------|
| Семестр: 7  |   |      |                |
| Дидактическая единица: Теплопроводность при стационарном и нестационарном режимах.  |   |      |                |
| Исследование процесса нестационарной теплопередачи в однородном стержне конечной длины с теплоизолированной боковой поверхностью.                       | Студенты по индивидуальным исходным данным рассчитывают нестационарное температурное поле, исследуют влияние на время нагрева свойств материала и размера стержня. Работа проводится в терминальном классе по обучающей программе, разработанной специалистами кафедры. | 2    | 18, 19, 22     |
| Дидактическая единица: Пути интенсификации процесса теплопередачи.  |   |      |                |
| Исследование тепловых режимов работы силовых полупроводниковых приборов, охлаждаемых с помощью радиаторов в условиях свободной и вынужденной конвекции. | Исследование теплоотдачи с оребренной поверхности в зависимости от геометрии и размеров ребер. Определение теплового баланса силового полупроводникового прибора. Работа проводится в терминальном классе в среде Excel.  | 2    | 20, 22         |

## 5. Самостоятельная работа студентов

### Семестр- 7, Подготовка к зачету

Повторение материала лекций и чтение рекомендованной литературы. Освежение в памяти содержания лабораторных работ и решения задач РГЗ. На подготовку к зачету планируется 38 часов.

### Семестр- 7, Контрольные работы

Контрольная работа состоит из 2-х циклов задач. Первый цикл (4 задачи) включает стандартные постановки тепловых задач, относящихся к общей части подготовки студентов электротехнических специальностей по теории теплопередачи. Второй цикл (6 задач) посвящен исследованию тепловых условий работы реальных токоведущих элементов, электромагнитных экранов, элементов конструкции трансформаторов и т.д.

Типовые задания и вариантность контрольной работы сформулированы в методических материалах по дисциплине. На выполнение необходимо 30 часов самостоятельной работы.

#### **Семестр- 7, Подготовка к занятиям**

Просмотр и освежение в памяти материала прочитанных лекций. Всего 20 часов самостоятельной работы.

### **6. Правила аттестации студентов по учебной дисциплине**

Для допуска к зачету студент должен выполнить и защитить лабораторные работы, контрольную работу. В билет для зачета входит два вопроса из списка п. 9 и задача по тематике контрольной работы, не требующая большого объема вычислений.

### **7. Список литературы**

#### **7.1 Основная литература**

##### **В печатном виде**

1. Теплопередача. Ч. 1 : [учебное пособие] / [В. С. Чередниченко [и др.] ; под ред. В. С. Чередниченко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 231 с. : ил. - Инновационная образовательная программа НГТУ "Высокие технологии".
2. Теплопередача. [В 2 ч.]. Ч. 2 : [учебное пособие для вузов / В. С. Чередниченко и др.] ; под общ. ред. В. С. Чередниченко и А. И. Алиферова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 378 с. : ил., табл.

##### **В электронном виде**

1. Теплопередача. [В 2 ч.]. Ч. 2 : [учебное пособие для вузов / В. С. Чередниченко и др.] ; под общ. ред. В. С. Чередниченко и А. И. Алиферова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 378 с. : ил., табл. - Режим доступа:  
<http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2010/cherednich.pdf>. - Доп. тит. л. англ..

#### **7.2 Дополнительная литература**

##### **В печатном виде**

1. Чередниченко В. С. Физические основы преобразования энергии. Теплопередача в упражнениях и задачах. Ч. 1 : Учеб. пособие / Новосиб. гос. техн. ун-т ; В. С. Чередниченко, А. И. Алиферов, В. А. Сеницын, Л. К. Павленко. - Новосибирск, 1997. - 115 с. : ил.
2. Алиферов А. И. Физические основы преобразования энергии. Теплопередача в упражнениях и задачах. Ч. 2 : учебное пособие для 3 курса ЭМФ дневного отделения / А. И. Алиферов, В. А. Сеницын, В. С. Чередниченко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2000. - 48 с. : ил.
3. Чередниченко В. С. Физические основы преобразования энергии. Теплопередача в упражнениях и задачах. Ч. 3 : учебное пособие для 3 курса ЭМФ дневного отделения / В. С.

Чередниченко, А. И. Алиферов, В. А. Сеницын ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2003. - 76 с. : ил.

4. Исаченко В. П. Теплопередача : учебник для теплоэнерг. вузов / Исаченко В. П. , Осипова В. А. , Сукомел А. С. - М., 1981. - 416,[1] с. : ил., схемы, граф. - Рекомендовано МО.

#### **В электронном виде**

1. Чередниченко В. С. Физические основы преобразования энергии. Теплопередача в упражнениях и задачах. Ч. 3 : учебное пособие для 3 курса ЭМФ дневного отделения / В. С. Чередниченко, А. И. Алиферов, В. А. Сеницын ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2003. - 76 с. : ил.. - Режим доступа:

[http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2003/2003\\_cheredn.rar](http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2003/2003_cheredn.rar)

## **8. Методическое и программное обеспечение**

### **8.1 Методическое обеспечение**

#### **В электронном виде**

1. Сеницын В. А. Теория электронагрева и теплопередачи [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / В. А. Сеницын ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2011]. - Режим доступа: [http://ciu.nstu.ru/fulltext/unofficial/2011/lib\\_1188\\_1324442657.doc](http://ciu.nstu.ru/fulltext/unofficial/2011/lib_1188_1324442657.doc). - Загл. с экрана.

2. Сеницын В. А. Теория электронагрева и теплопередачи [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / В. А. Сеницын ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2011]. - Режим доступа: [http://ciu.nstu.ru/fulltext/unofficial/2011/lib\\_1188\\_1324868237.doc](http://ciu.nstu.ru/fulltext/unofficial/2011/lib_1188_1324868237.doc). - Загл. с экрана.

## 9. Контролирующие материалы для аттестации студентов по дисциплине

Приведенный перечень контрольных вопросов используется для теоретического зачета по курсу.

1. Какие виды теплопередачи Вы знаете?
2. В чем отличие между теплопроводностью, конвективным теплообменом и излучением?
3. Что такое тепловой поток, плотность теплового потока, температурное поле?
4. Какие из перечисленных величин, характеризующих передачу теплоты через наружную поверхность цилиндра, не зависят от его диаметра: тепловой поток, поверхностная плотность теплового потока, линейная плотность теплового потока?
5. Какова взаимозависимость между тепловым потоком, поверхностной плотностью теплового потока и линейной плотностью теплового потока, проходящими через цилиндрическую поверхность?
6. Какую размерность имеют следующие физические величины: температура, тепловой поток, плотность теплового потока, мощность, энергия?
7. Что такое изотермические поверхности и градиент температуры?
8. В чем отличие между стационарным, нестационарным и установившимся тепловым режимами?
9. Дайте определение коэффициентов теплопроводности, теплоотдачи и температуропроводности. Каков физический смысл и размерность каждого из них?
10. Что такое закон Фурье?
11. Что такое эффективная теплопроводность? В чем отличие коэффициента эффективной теплопроводности сложного теплообмена от среднеинтегрального коэффициента теплопроводности вещества?
12. Какова точность экспериментального измерения коэффициентов теплопроводности, приведенных в справочной литературе?
13. Приведите примеры из области расчетов теплотехнических, электротехнических, электромеханических и электротехнологических устройств, в которых явление теплопроводности является определяющим.
14. Напишите дифференциальное уравнение теплопроводности в различных системах координат. Каков физический смысл дифференциального уравнения теплопроводности?
15. Какие условия должны быть определены (или заданы) для однозначного решения дифференциального уравнения теплопроводности?
16. Поясните, что означает выражение "задать геометрические условия для решения дифференциального уравнения теплопроводности в стационарном и нестационарном режимах"?
17. Какие граничные условия применяют при решении дифференциального уравнения теплопроводности?
18. Приведите примеры технических задач, при решении которых формируются граничные условия первого рода.
19. Приведите примеры технических задач, при решении которых формируются граничные условия второго рода.
20. Приведите примеры технических задач, при решении которых формируются граничные условия третьего и четвертого рода.
21. Что такое графическая интерпретация различных граничных условий?
22. Каково решение дифференциального уравнения теплопроводности, получаемое для плоской многослойной стенки в стационарных условиях при первом граничном условии?
23. Найти решение дифференциального уравнения теплопроводности для плоской многослойной стенки в стационарных условиях при граничных условиях третьего рода.

24. Что такое смешанные граничные условия? Запишите решение дифференциального уравнения теплопроводности, получаемое для плоской однослойной стенки при смешанных граничных условиях.
25. Приведите примеры технических задач, в которых реализуются смешанные граничные условия при расчете процесса теплопередачи теплопроводностью через многослойную плоскую стенку.
26. Приведите примеры технических задач, в которых реализуются смешанные граничные условия при расчете процесса теплопередачи теплопроводностью через одно- или многослойную цилиндрическую стенку.
27. При каких условиях возможно упрощение задач теплопередачи теплопроводностью с переходом расчетной схемы, формируемой при граничных условиях третьего рода, к расчету теплопередачи при граничных условиях первого рода?
28. Что такое термическое сопротивление? Какова размерность величины термического сопротивления?
29. В чем отличие между термическими сопротивлениями теплоотдачи на поверхности плоской стенки и термическими сопротивлениями теплопроводности плоской стенки?
30. Чему равны полные термические сопротивления цилиндрической многослойной стенки при вычислений теплового потока при граничных условиях: а) первого рода; б) третьего рода; в) смешанных граничных условиях?
31. В чем отличие между коэффициентами теплопроводности, теплоотдачи, температуропроводности и теплопередачи? Какова их размерность, каков их физический смысл?
32. Каков алгоритм расчета тепловых потерь через многослойную цилиндрическую футеровку при коэффициентах теплопроводности слоев, зависящих от температуры, для граничных условий третьего рода с наружной и внутренней поверхностями?
33. Что такое критический диаметр тепловой изоляции или электроизоляции?
34. Какова зависимость тепловых потерь трубопровода от наружного диаметра его теплоизоляции, если: а) критический диаметр теплоизоляции меньше наружного диаметра стальной трубы; б) критический диаметр теплоизоляции больше наружного диаметра стальной трубы?
35. Какова зависимость мощности холостого хода и температуры наружной поверхности футеровки трубчатой лабораторной электропечи сопротивления от наружного диаметра футеровки (при наружном диаметре электронагревателя, меньшем критического диаметра теплоизоляции)?
36. Что такое мощность внутренних источников теплоты?
37. Каким образом определяются тепловые потери с цилиндрической (или плоской) поверхности теплоизоляции в реальных условиях, учитывая теплоотдачу конвекцией и излучением?
38. Каковы зависимости коэффициентов теплоотдачи естественной конвекцией и излучением от температуры теплоотдающей поверхности?
39. В чем отличие методов теплового баланса в интегральной и дифференциальной форме при исследовании теплопередачи теплопроводностью в стационарных условиях с внутренними источниками теплоты?
40. Какова зависимость температуры по толщине однородной неограниченной пластины при наличии внутренних источников теплоты и двухстороннем охлаждении окружающей средой? Как изменяется эта зависимость при увеличении (или уменьшении): а) коэффициент теплоотдачи среды; б) мощности внутренних источников теплоты. Отличается ли данная зависимость при значениях коэффициентов теплоотдачи на поверхностях пластины: а)  $1 = 2$ ; б)  $1 \neq 2$ ?
41. Каким образом определяется предельная плотность тока, пропускаемая по оголенному электропроводу, находящемуся на спокойном воздухе?

42. Всегда ли предельная плотность тока, пропускаемого по цилиндрическому оголенному проводу, превосходит предельную плотность тока, пропускаемого по электроизолированному проводу?
43. Докажите, в каком токоведущем элементе предельная плотность тока выше:
- медная шина, расположенная на свободном воздухе;
  - алюминиевая шина, расположенная на свободном воздухе;
  - медный водоохлаждаемый трубчатый токоподвод;
  - медная шина, расположенная в среде жидкого азота.
- Доказательство провести при одинаковых поперечных сечениях токоведущих элементов. Приведенные варианты решений расположить в ряд по мере возрастания плотности тока.
44. Что такое нестационарный процесс?
45. Что такое критерий подобия? Какие критерии подобия Вы знаете? Каков их физический смысл?
46. Почему при решении задач нестационарной теплопроводности применяют критерии подобия (теорию подобия)?
47. Выполните преобразование дифференциального уравнения теплопроводности к безразмерному виду.
48. Что такое функции Бесселя? В каких теплотехнических расчетах они применяются ?
49. В чем особенности расчета процесса нагрева (или охлаждения) тел конечных размеров?
50. Каковы особенности расчета нагрева неограниченной пластины при постоянном тепловом потоке и при постоянной температуре окружающей среды?
51. Каковы особенности расчета нагрева неограниченного цилиндра при постоянном тепловом потоке и при постоянной температуре окружающей среды?
52. В чем отличие между вынужденной и естественной конвекцией?
53. Уравнение Навье-Стокса. Физический смысл.
54. Каков физический смысл коэффициента теплоотдачи? Какова его размерность?
55. Что такое критерий Нуссельта?
56. Каким образом вычисляется коэффициент теплоотдачи для режимов вынужденной конвекции? Какие критерии подобия применяются при расчете теплоотдачи при вынужденной конвекции?
57. Каким образом вычисляется коэффициент теплоотдачи для режимов естественной конвекции? Какие критерии подобия применяются при расчете теплоотдачи при естественной конвекции?
58. Что такое гидродинамический пограничный слой жидкости (газа) на плоской поверхности?
59. Что такое тепловой пограничный слой жидкости (газа) на плоской поверхности?
60. В чем отличие между интегральным и спектральным потоками излучения?
61. Что такое абсолютно черное тело? В чем отличие абсолютно черного тела от реальных серых тел?
62. Что такое собственное излучение тела? Какой закон характеризует собственное излучение абсолютно черного тела и серого тела?
63. В чем отличие между результирующим и эффективным излучением?
64. Что такое плотность потока излучения? Какова ее размерность?
65. Законы абсолютно черного тела.
66. Каким образом влияет на поток излучения между двумя плоскими поверхностями тепловой экран, установленный между ними?
67. Во сколько раз изменится тепловой поток между двумя цилиндрическими поверхностями, если между ними установить "N" экранов?
68. Что такое степень черноты поверхности реального тела?

69. Каким образом степень черноты тепловых экранов влияет на величину потока излучением, проходящего через них?
70. Что такое коэффициент эффективной теплопроводности пористой среды ?
71. Какие виды теплопередачи преобладают в пористой среде при умеренных температурах ?
72. Какие виды теплопередачи преобладают в пористой среде при высоких температурах ?
73. Какие факторы влияют на теплообмен в пористой среде ?
74. Какие источники и стоки тепла имеются в ЭТУС для утилизации отходов ?
75. Какие граничные условия ставятся при расчете температурного поля в ЭТУС экологического назначения.
76. Что такое объемный коэффициент теплоотдачи ?
77. Какие модели структуры пористой среды используются для расчета эффективной теплопроводности?

На теоретическом зачете студент отвечает на два вопроса из указанного списка и решает задачу по тематике контрольной работы, не требующую большого объема вычислений.