

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра автоматизированных электротехнологических установок

“УТВЕРЖДАЮ”  
ДЕКАН ФМА  
к.т.н. Вильбергер М. Е.  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Теория электронагрева и теплопередачи**

Образовательная программа: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, профиль:  
Электротехника, электромеханика и электротехнологии

Курс: 4, семестр : 7

Факультет мехатроники и автоматизации,

|    |                                                                                                      | Семестр |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| №  | Вид деятельности                                                                                     | 7       |
| 1  | Всего зачетных единиц (кредитов)                                                                     | 4       |
| 2  | Всего часов                                                                                          | 144     |
| 3  | Всего занятий в контактной форме, час.                                                               | 81      |
| 4  | Лекции, час.                                                                                         | 36      |
| 5  | Практические занятия, час.                                                                           | 18      |
| 6  | Лабораторные занятия, час.                                                                           | 18      |
| 7  | из них в активной и интерактивной форме, час.                                                        | 18      |
| 8  | Аттестация, час.                                                                                     | 2       |
| 9  | Консультации, час.                                                                                   | 7       |
| 10 | Самостоятельная работа, час.                                                                         | 63      |
| 11 | Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе) | контр.  |
| 12 | Вид аттестации                                                                                       | ДЗ      |

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

ФГОС введен в действие приказом №955 от 03.09.2015 г. , дата утверждения: 25.09.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная, по выбору студента

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

АЭТУ, протокол заседания кафедры №4 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета мехатроники и автоматизации, протокол № 6 от 21.06.2017

Программу разработал:

доцент, к.т.н. Синицын В. А.

Заведующий кафедрой:

профессор, д.т.н. Алиферов А. И.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Аносов В. Н.

## 1. Внешние требования

Таблица 1.1

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>Компетенция ФГОС: ОПК.2 способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач; в части следующих результатов обучения:</b>                                     |  |
| 35. знать соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования процессов и явлений, лежащих в основе принципов действия электротехнического оборудования и систем                                                         |  |
| у8. уметь применять основные методы математического аппарата в математических моделях объектов и процессов                                                                                                                                                                                           |  |
| <b>Компетенция ФГОС: ПК.3 способность принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические и экологические требования; в части следующих результатов обучения:</b> |  |
| 37. знать характер протекания электромагнитных, тепловых и механических процессов в электротехнических комплексах                                                                                                                                                                                    |  |

## 2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

| Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)                                                                                                                                                          | Формы организации занятий                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| <i>Теория электронагрева и теплопередачи</i>                                                                                                                                                                                                             |                                                                   |
| <b>ОПК.2.35 знать соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования процессов и явлений, лежащих в основе принципов действия электротехнического оборудования и систем</b> |                                                                   |
| 1. знать определение и физический смысл терминов теории теплопередачи.                                                                                                                                                                                   | Лекции; Самостоятельная работа                                    |
| 2. знать физические законы и математический аппарат, описывающий процессы теплопередачи теплопроводностью, конвекцией и излучением                                                                                                                       | Лекции; Самостоятельная работа                                    |
| 3. знать физический смысл граничных условий к уравнению теплопроводности и форму их записи                                                                                                                                                               | Лекции; Самостоятельная работа                                    |
| <b>ОПК.2.у8 уметь применять основные методы математического аппарата в математических моделях объектов и процессов</b>                                                                                                                                   |                                                                   |
| 4. уметь записывать уравнение теплового баланса для стационарного и нестационарного процессов теплопроводности в пластине и цилиндре.                                                                                                                    | Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа |
| 5. уметь анализировать влияние оптических свойств поверхности (степени черноты, отражательной способности) на температурный уровень в замкнутом печном пространстве                                                                                      | Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы                 |
| 6. уметь рассчитывать термические сопротивления, тепловые потоки и перепады температур в многослойных стенках при граничных условиях различного типа.                                                                                                    | Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа |
| 7. уметь рассчитывать коэффициент теплоотдачи при различных условиях обтекания объекта средой при естественной и вынужденной конвекции.                                                                                                                  | Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа |
| 8. уметь анализировать влияние теплофизических свойств материала и размеров на установление стационарных условий при нагреве тела классической формы (пластины, цилиндра).                                                                               | Практические занятия; Лабораторные работы                         |
| <b>ПК.3.37 знать характер протекания электромагнитных, тепловых и механических процессов в электротехнических комплексах</b>                                                                                                                             |                                                                   |
| 9. уметь проводить электротехническую аналогию процессов теплопередачи.                                                                                                                                                                                  | Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа              |

|                                                                                                       |                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 10. уметь анализировать влияние геометрических факторов на теплообмен излучением в пространстве печи. | Лекции; Практические занятия;<br>Лабораторные работы |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|

### 3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

| Темы лекций                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Активные формы, час. | Часы | Ссылки на результаты обучения |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------|-------------------------------|
| <b>Семестр: 7</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                      |      |                               |
| <b>Дидактическая единица: Виды теплообмена.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                      |      |                               |
| 1. Виды теплообмена. Основные понятия, определения. Теплопроводность. Конвективный теплообмен. Теплообмен излучением.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 0                    | 2    | 1                             |
| 2. 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.                                                                                                                                                                                                           | 0                    | 2    | 1, 2                          |
| <b>Дидактическая единица: Дифференциальное уравнение теплопроводности</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                      |      |                               |
| 3. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Вывод и физический смысл дифференциального уравнения теплопроводности. Условия однозначности (краевые условия). Коэффициент температуропроводности.                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0                    | 2    | 2, 3                          |
| <b>Дидактическая единица: Теплопроводность при стационарном и нестационарном режимах.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                      |      |                               |
| 4. Теплопроводность при стационарном режиме без внутренних источников теплоты. Теплопередача через плоскую однослойную и многослойную стенку при граничных условиях 1-го, 3-го рода и смешанных граничных условиях. Теплопередача через цилиндрическую однослойную и многослойную стенку при граничных условиях 1-го, 3-го рода и смешанных граничных условиях. Критический диаметр тепловой изоляции трубопровода и электроизоляции электропровода.                                           | 0                    | 4    | 2, 3, 9                       |
| 5. Теплопроводность при стационарном режиме с внутренними источниками теплоты. Метод теплового баланса в интегральной форме. Метод теплового баланса в дифференциальной форме. Теплопередача в однородной неограниченной пластине при граничных условиях 1-го и 3-го рода. Теплопередача в бесконечном цилиндрическом стержне при граничных условиях 1-го и 3-го рода. Теплопередача в бесконечной цилиндрической трубе при граничных условиях 1-го, 3-го рода и смешанных граничных условиях. | 0                    | 6    | 3                             |
| 6. Теплопроводность при нестационарном режиме. Теплопередача через плоскую стенку при граничных условиях 2-го и 3-го рода. Теплопередача в бесконечном цилиндре при граничных условиях 2-го и 3-го рода. Регулярный режим нагрева тела при нестационарной теплопроводности. Нагрев (охлаждение) тел конечной длины.                                                                                                                                                                            | 0                    | 6    | 2, 3                          |
| <b>Дидактическая единица: Теплопередача конвекцией.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                      |      |                               |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|-------|
| 7. 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.                                                                                   | 0 | 4 | 1, 2  |
| 8. Свободная конвективная теплоотдача. Теплоотдача при свободном ламинарном и турбулентном режимах вдоль вертикальной пластины. Теплоотдача на наружной поверхности горизонтальной трубы. Теплоотдача в ограниченном объеме (щели, прослойки).                                                                                                                                        | 0 | 2 | 2     |
| 9. Вынужденная конвективная теплоотдача. Теплоотдача при вынужденном течении жидкости или газа в трубах и каналах. Теплоотдача при течении жидкости в трубах некруглого сечения. Теплоотдача пластины при ламинарном и турбулентном течении жидкости или газа в пограничном слое. Теплоотдача одиночного цилиндра в поперечном потоке воздуха.                                        | 0 | 2 | 2     |
| 10. Пути интенсификации процесса теплопередачи. Увеличение коэффициентов теплоотдачи. Теплопередача через ребренную стенку.                                                                                                                                                                                                                                                           | 0 | 2 | 2     |
| <b>Дидактическая единица: Теплообмен излучением.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |   |   |       |
| 11. 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. | 0 | 2 |       |
| <b>Дидактическая единица: Теплообмен в ЭТУС.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |   |   |       |
| 12. Теплообмен в ЭТУС экологического назначения. Эффективная теплопроводность в засыпках. Радиационный и конвективный теплообмен в пористой среде. Моделирование тепломассобмена в шахтной печи с плазменным нагревом для сжигания твердых бытовых отходов.                                                                                                                           | 0 | 2 | 10, 5 |

Таблица 3.2

| Темы лабораторных работ                                                                                                              | Активные формы, час. | Часы | Ссылки на результаты обучения | Учебная деятельность                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Семестр: 7</b>                                                                                                                    |                      |      |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Дидактическая единица: Теплопроводность при стационарном и нестационарном режимах.</b>                                            |                      |      |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 1. Исследование процесса нестационарной теплопередачи в однородном стержне конечной длины с теплоизолированной боковой поверхностью. | 1                    | 4    | 4, 6, 8                       | 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. |
| <b>Дидактическая единица: Теплопередача конвекцией.</b>                                                                              |                      |      |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                         |

|                                                                                                                                                            |   |   |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2. Исследование предельных значений токовых нагрузок электропровода, обдуваемого воздушным потоком.                                                        | 1 | 4 | 7        | Исследование зависимости максимального тока в электропроводе от температуры, ско-рости и направления охлаждающего воз-душного потока. Работа проводится в тер-минальном классе в среде Excel.                                                                                                                                                                        |
| 3. Исследование тепловых режимов работы силовых полупроводниковых приборов, охлаждаемых с помощью радиаторов в условиях свободной и вынужденной конвекции. | 1 | 4 | 7, 8     | Исследование теплоотдачи с оребренной поверхности в зависимости от геометрии и размеров ребер. Определение теплового баланса силового полупроводникового прибора. Работа проводится в терминальном клас-се в среде Excel.                                                                                                                                            |
| <b>Дидактическая единица: Теплообмен в ЭТУС.</b>                                                                                                           |   |   |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 4. Исследование изменения температуры и мощности нагревательного элемента в процессе разогрева печи.                                                       | 1 | 6 | 10, 4, 5 | Исследование осуществляется на основе теплового баланса нагревательного элемента, коаксиально расположенного в рабочем пространстве печи. Температура нагревательного элемента исследуется в зависимости от температуры стенки рабочего пространства печи, соотношения поверхностей нагревателя и стенки печи. Работа проводится в терминальном классе в среде Excel |

Таблица 3.3

| Темы практических занятий                                                                                                                      | Активные формы, час. | Часы | Ссылки на результаты обучения | Учебная деятельность                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Семестр: 7</b>                                                                                                                              |                      |      |                               |                                                                                                                                       |
| <b>Дидактическая единица: Теплопроводность при стационарном и нестационарном режимах.</b>                                                      |                      |      |                               |                                                                                                                                       |
| 1. Теплопередача через плоскую однослой-ную и многослойную стенку при гранич-ных условиях 1-го, 3-го рода и смешанных граничных условиях.      | 2                    | 2    | 6, 8, 9                       | Студенты решают задачи на за-данную тему, отражающие ре-альные ситуации в электротех-нологическом и электротехни-ческом оборудовании. |
| 2. Теплопередача через цилиндрическую однослойную и многослойную стенку при граничных условиях 1-го, 3-го рода и смешанных граничных условиях. | 2                    | 2    | 6, 9                          | Студенты решают задачи на заданную тему, отражающие реальные ситуации в электротехнологическом и электротехническом оборудовании.     |
| 3. Теплопроводность при стационарном режиме с внутренними источниками теплоты.                                                                 | 2                    | 2    | 6                             | Студенты решают задачи на за-данную тему, отражающие ре-альные ситуации в электротех-нологическом и электротехни-ческом оборудовании. |

|                                                                           |   |   |       |                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------|---|---|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4. Теплопроводность при нестационарном режиме.                            | 2 | 2 | 4, 8  | Студенты решают задачи на заданную тему, отражающие ре-альные ситуации в электротехнологическом и электротехническом оборудовании.    |
| <b>Дидактическая единица: Теплопередача конвекцией.</b>                   |   |   |       |                                                                                                                                       |
| 5. Свободная конвективная теплоотдача                                     | 2 | 2 | 7     | Студенты решают задачи на за-данную тему, отражающие ре-альные ситуации в электротех-нологическом и электротехни-ческом оборудовании. |
| 6. Вынужденная конвективная теплоотдача                                   | 1 | 2 | 7     | Студенты решают задачи на за-данную тему, отражающие ре-альные ситуации в электротех-нологическом и электротехни-ческом оборудовании. |
| <b>Дидактическая единица: Теплообмен излучением.</b>                      |   |   |       |                                                                                                                                       |
| 7. Теплообмен излучением                                                  | 1 | 2 | 5     | Студенты решают задачи на заданную тему, отражающие реальные ситуации в электротехнологическом оборудовании.                          |
| <b>Дидактическая единица: Теплообмен в ЭТУС.</b>                          |   |   |       |                                                                                                                                       |
| 8. Теплообмен в многозонной высокотемпературной электропечи сопротивления | 1 | 2 | 10, 5 | Студенты решают задачи на заданную тему, отражающие ре-альные ситуации в электротехнологическом и оборудовании.                       |
| 9. Эффективная теплопроводность в засыпках.                               | 1 | 2 | 10, 5 | Студенты решают задачи на заданную тему, отражающие реальные ситуации в электротехнологическом и оборудовании.                        |

#### 4. Самостоятельная работа обучающегося

| №                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Виды самостоятельной работы | Ссылки на результаты обучения | Часы на выполнение | Часы на консультации |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------|----------------------|
| <b>Семестр: 7</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                             |                               |                    |                      |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Контрольные работы          | 4, 6, 7, 9                    | 3                  | 2                    |
| Контрольная работа состоит из 2-х задач теории теплопередачи. Задачи решаются самостоятельно во внеаудиторное время.<br>, подробная информация приведена в приложении №3 : Синицын В. А. Теория электронагрева и теплопередачи [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / В. А. Синицын ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2011]. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000164521">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000164521</a> . - Загл. с экрана. Синицын В. А. Теория электронагрева и теплопередачи [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / В. А. Синицын ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2011]. - Режим доступа: <a href="http://ciu.nstu.ru/fulltext/unofficial/2011/lib_1188_1324868237.doc">http://ciu.nstu.ru/fulltext/unofficial/2011/lib_1188_1324868237.doc</a> . - Загл. с экрана. |                             |                               |                    |                      |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Подготовка к занятиям       | 1, 2, 3                       | 30                 | 5                    |
| : Синицын В. А. Теория электронагрева и теплопередачи [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / В. А. Синицын ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2011]. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000164521">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000164521</a> . - Загл. с экрана.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                             |                               |                    |                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |               |    |   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------|----|---|
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Подготовка к аттестации | 1, 2, 3, 6, 7 | 30 | 0 |
| , подробная информация приведена в приложении №2 : Сеницын В. А. Теория электронагрева и теплопередачи [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / В. А. Сеницын ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2011]. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000164521">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000164521</a> . - Загл. с экрана. |                         |               |    |   |

## 5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

| Деятельность   | Информационно-коммуникационные технологии |
|----------------|-------------------------------------------|
| Информирование | Портал НГТУ                               |

## 6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

| Оцениваемые виды деятельности обучающихся                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Мин. балл | Максимальный балл |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------|
| <b>Семестр: 7</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |           |                   |
| <i>Лекция:</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 9         | 18                |
| <i>Лабораторная:</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 16        | 32                |
| Контролирующие материалы приводятся в "Основы теплопередачи : сборник лабораторных работ : методические указания для ФЭН всех форм обучения и всех направлений / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. И. Шаров, П. А. Щинников]. - Новосибирск, 2011. - 37, [1] с. : ил., табл. - Режим доступа: <a href="http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2011/11_4010.pdf">http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2011/11_4010.pdf</a> " |           |                   |
| <i>Практические занятия:</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 9         | 18                |
| Контролирующие материалы приводятся в "Сеницын В. А. Теория электронагрева и теплопередачи [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / В. А. Сеницын ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2011]. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000164521">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000164521</a> . - Загл. с экрана."                                                     |           |                   |
| <i>Контрольные работы:</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 6         | 12                |
| <i>Зачет:</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 10        | 20                |

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

| Коды компетенций ФГОС | Результаты обучения                                                                                                                                                                                                                          | Формы контроля |       |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------|
|                       |                                                                                                                                                                                                                                              | Контр. раб.    | Зачет |
| <b>ОПК.2</b>          | з5. знать соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования процессов и явлений, лежащих в основе принципов действия электротехнического оборудования и систем |                | +     |
|                       | у8. уметь применять основные методы математического аппарата в математических моделях объектов и процессов                                                                                                                                   | +              | +     |
| <b>ПК.3</b>           | з7. знать характер протекания электромагнитных, тепловых и механических процессов в электротехнических комплексах                                                                                                                            | +              | +     |



Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

## **7. Литература**

### *Основная литература*

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..
2. Сеницын В. А. Специальные главы теории теплообмена [Электронный ресурс] : сборник задач и упражнений / В. А. Сеницын ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2011]. - Режим доступа: [http://ciu.nstu.ru/fulltext/unofficial/2012/lib\\_1188\\_1326357925.doc](http://ciu.nstu.ru/fulltext/unofficial/2012/lib_1188_1326357925.doc). - Загл. с экрана.
3. Сеницын В. А. Задачи для РГР [Электронный ресурс] : сборник задач и упражнений / В. А. Сеницын, В. С. Чередниченко, А. И. Алиферов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000183641](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000183641). - Загл. с экрана.
4. Сеницын В. А. Теория электронагрева и теплопередачи [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / В. А. Сеницын ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2011]. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000164521](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000164521). - Загл. с экрана.
5. Сеницын В. А. Конвекция [Электронный ресурс] : конспект лекций / В. А. Сеницын ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000183644](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000183644). - Загл. с экрана.
6. Сеницын В. А. Тепловое излучение [Электронный ресурс] : конспект лекций / В. А. Сеницын ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000183645](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000183645). - Загл. с экрана.
7. Электротехнологические установки и системы. Теплопередача в электротехнологии. Упражнения и задачи : учебное пособие для вузов по специальности 140605 "Электротехнологические установки и системы", направления подготовки 140600 "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / [В. С. Чередниченко и др.] ; под ред. В. С. Чередниченко, А. И. Алиферова. - Новосибирск, 2011. - 570 с. : схемы, табл. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000162819](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000162819). - Парал. тит. л. англ..

### *Дополнительная литература*

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)

### *Интернет-ресурсы*

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniium.com" : <http://znaniium.com/>
5. :

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

### *8.1 Методическое обеспечение*

1. Расчет теплообменного аппарата : методические указания к расчетно-графической работе для ФЭН / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. Ю. И. Шаров]. - Новосибирск, 2008. - 35, [4] с. : ил., табл.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/3447.rar>
2. Синицын В. А. Теория электронагрева и теплопередачи [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / В. А. Синицын ; 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.
3. Синицын В. А. Теория электронагрева и теплопередачи [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / В. А. Синицын ; 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.
4. Основы теплопередачи : сборник лабораторных работ : методические указания для ФЭН всех форм обучения и всех направлений / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. И. Шаров, П. А. Щинников]. - Новосибирск, 2011. - 37, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: [http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2011/11\\_4010.pdf](http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2011/11_4010.pdf)

## *8.2 Специализированное программное обеспечение*

- 1 Windows
- 2 Office

## **9. Материально-техническое обеспечение**

Презентационное оборудование

| № | Наименование                                                                         | Назначение             |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| 1 | Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления) | Для проведения лекций. |

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра автоматизированных электротехнологических установок

“УТВЕРЖДАЮ”  
ДЕКАН ФМА  
к.т.н., доцент М.Е. Вильбергер  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ \_\_\_\_ г.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

#### **Теория электронагрева и теплопередачи**

Образовательная программа: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, профиль: Электротехника, электромеханика и электротехнологии

# 1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Теория электронагрева и теплопередачи приведена в Таблице.

Таблица

| Формируемые компетенции                                                                                                                                                                                                               | Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)                                                                                                                                                                              | Темы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Этапы оценки компетенций                           |                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Мероприятия текущего контроля (контрольная работа) | Промежуточная аттестация (зачет) |
| ОПК.2 способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач                                        | з5. знать соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования процессов и явлений, лежащих в основе принципов действия электро-технического оборудования и систем | Виды теплообмена. Основные понятия, определения. Теплопроводность. Конвективный теплообмен. Теплообмен излучением. Пути интенсификации процесса теплопередачи. Увеличение коэффициентов теплоотдачи. Теплопередача через ребренную стенку. 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. 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. |                                                    | Зачет, вопросы 1 – 40.           |
|                                                                                                                                                                                                                                       | у10. уметь применять основные методы математического аппарата в математических моделях объектов и процессов                                                                                                                                   | Вынужденная конвективная теплоотдача Исследование предельных значений токовых нагрузок электропровода, обдуваемого воздушным потоком. Исследование процесса нестационарной теплопередачи в однородном стержне конечной длины с теплоизолированной боковой поверхностью. Исследование тепловых режимов работы силовых полупроводниковых приборов, охлаждаемых с помощью радиаторов в условиях свободной и вынужденной конвекции. Теплопередача через цилиндрическую однослойную и многослойную стенку при граничных условиях 1-го, 3-го рода и смешанных граничных условиях. Теплопроводность при нестационарном режиме. Теплопроводность при стационарном режиме с внутренними источниками теплоты.                                                                                                                           | Контрольная работа, задачи № 1, 2.                 | Зачет, вопросы 41 – 60.          |
| ПК.3/ПК способность принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические и экологические требования | з6. знать характер протекания электромагнитных, тепловых и механических процессов в электротехнических комплексах                                                                                                                             | Теплопередача через плоскую однослойную и многослойную стенку при граничных условиях 1-го, 3-го рода и смешанных граничных условиях. Теплопередача через цилиндрическую однослойную и многослойную стенку при граничных условиях 1-го, 3-го рода и смешанных граничных условиях. Теплопроводность при стационарном режиме без внутренних источников теплоты. Теплопередача через плоскую однослойную и многослойную стенку при граничных условиях 1-го, 3-го рода и смешанных граничных условиях. Теплопередача через цилиндрическую однослойную и многослойную стенку при граничных условиях 1-го, 3-го рода и смешанных граничных условиях. Критический диаметр тепловой изоляции трубопровода и электроизоляции электропровода.                                                                                            | Контрольная работа, задачи № 1, 2.                 | Зачет, вопросы 61 – 80.          |

## **2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.**

Промежуточная аттестация по **дисциплине** проводится в 7 семестре - в форме дифференцированного зачета, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.2.

Зачет проводится в устной форме, по билетам. В билет включены 2 теоретических вопроса и типовая задача.

Кроме того, сформированность компетенции проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 7 семестре обязательным этапом текущей аттестации является контрольная работа. Требования к выполнению контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте контрольной работы.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенции ОПК.2, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

### **Общая характеристика уровней освоения компетенций.**

**Ниже порогового.** Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

**Пороговый.** Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

**Базовый.** Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

**Продвинутый.** Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

## Паспорт зачета

по дисциплине «Теория электронагрева и теплопередачи», 7 семестр

### 1. Методика оценки

Зачет проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-40, второй вопрос из диапазона вопросов 41-82 (список вопросов приведен ниже) и решения одной типовой задачи. В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

### Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Факультет ФМА

#### Билет № 13

к зачету по дисциплине «Теория электронагрева и теплопередачи»

---

1. Какую размерность имеют следующие физические величины: температура, тепловой поток, плотность теплового потока, мощность, энергия?
2. Каков физический смысл коэффициента теплоотдачи? Какова его размерность?
3. 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)  $1 \neq 2$ ?

Утверждаю: зав. кафедрой АЭТУ \_\_\_\_\_ Алиферов А.И.  
(подпись)

(дата)

### 2. Критерии оценки

- Ответ на билет для зачета считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет *менее 50% баллов*.
- Ответ на билет для зачета засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает непринципиальные

ошибки, например, вычислительные, оценка составляет 50 – 72% баллов.

- Ответ на билет для зачета билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет 73 – 86% баллов.
- Ответ на билет (тест) для зачета билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет 87 – 100% баллов.

### 3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за зачет учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы. Вес каждого вида работ отражен в таблице.

Таблица.

| Вид работы                                                                                       | Количество                                                                                                                              | Оценка в баллах рейтинга |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Посещение лекций                                                                                 | 18                                                                                                                                      | 1                        |
| Лабораторная работа: выполнение защита                                                           | 4                                                                                                                                       | 4                        |
| Практическое занятие: посещение выполнение задания                                               | 9                                                                                                                                       | 1                        |
| Контрольная работа                                                                               | 1                                                                                                                                       | 12                       |
| Итого максимальное кол-во баллов = $18 \times 1 + 4 \times (4 + 4) + 9 \times (1 + 1) + 12 = 80$ |                                                                                                                                         |                          |
| Сдача зачета                                                                                     | В зачетном билете 3 задания: 2 теоретических вопроса и задача. По 6 баллов за теоретические вопросы и 8 баллов за практическое задание. |                          |

Зачет считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета оставляет не менее 10 баллов (из 20 возможных).

### 4. Вопросы к зачету по дисциплине «Теория электронагрева и теплопередачи»

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. Каковую 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 поверхностей?
33. Что такое критический диаметр тепловой изоляции или электроизоляции?
34. Какова зависимость тепловых потерь трубопровода от наружного диаметра его теплоизоляции, если: критический диаметр теплоизоляции а) меньше наружного диаметра стальной трубы; б) больше наружного диаметра стальной трубы?
35. Как меняется мощность холостого хода и температуры наружной поверхности футеровки трубчатой лабораторной электропечи от наружного диаметра футеровки (при наружном диаметре электронагревателя, меньшем критического диаметра теплоизоляции)?
36. Что такое мощность внутренних источников теплоты?
37. Как 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:
44. а) медная шина, расположенная на свободном воздухе;
45. б) алюминиевая шина, расположенная на свободном воздухе;
46. в) медный водоохлаждаемый трубчатый токоподвод;
47. г) медная шина, расположенная в среде жидкого азота.
48. Доказательство провести при одинаковых поперечных сечениях токоведущих элементов. Приведенные варианты решений расположить в ряд по мере возрастания плотности тока.
49. Что такое нестационарный процесс?
50. Что такое критерий подобия? Какие критерии подобия Вы знаете? Каков их физический смысл?
51. Почему при решении задач нестационарной теплопроводности применяют критерии подобия (теорию подобия)?

52. Выполните преобразование дифференциального уравнения теплопроводности к безразмерному виду.
53. Что такое функции Бесселя? В каких теплотехнических расчетах они применяются?
54. В чем особенности расчета процесса нагрева (или охлаждения) тел конечных размеров?
55. Каковы особенности расчета нагрева неограниченной пластины при постоянном тепловом потоке и при постоянной температуре окружающей среды?
56. Каковы особенности расчета нагрева неограниченного цилиндра при постоянном тепловом потоке и при постоянной температуре окружающей среды?
57. В чем отличие между вынужденной и естественной конвекцией?
58. Уравнение Навье-Стокса. Физический смысл.
59. Каков физический смысл коэффициента теплоотдачи? Какова его размерность?
60. Что такое критерий Нуссельта?
61. Каким образом вычисляется коэффициент теплоотдачи для режимов вынужденной конвекции? Какие критерии подобия применяются при расчете теплоотдачи при вынужденной конвекции?
62. Каким образом вычисляется коэффициент теплоотдачи для режимов естественной конвекции? Какие критерии подобия применяются при расчете теплоотдачи при естественной конвекции?
63. Что такое гидродинамический пограничный слой жидкости (газа) на плоской поверхности?
64. Что такое тепловой пограничный слой жидкости (газа) на плоской поверхности?
65. В чем отличие между интегральным и спектральным потоками излучения?
66. Что такое абсолютно черное тело? В чем отличие абсолютно черного тела от реальных серых тел?
67. Что такое собственное излучение тела? Какой закон характеризует собственное излучение абсолютно черного тела и серого тела?
68. В чем отличие между результирующим и эффективным излучением?
69. Что такое плотность потока излучения? Какова ее размерность?
70. Законы абсолютно черного тела.
71. Каким образом влияет на поток излучения между двумя плоскими поверхностями тепловой экран, установленный между ними?
72. Во сколько раз изменится тепловой поток между двумя цилиндрическими поверхностями, если между ними установить "N" экранов?
73. Что такое степень черноты поверхности реального тела?
74. Каким образом степень черноты тепловых экранов влияет на величину потока излучением, проходящего через них?
75. Что такое коэффициент эффективной теплопроводности пористой среды?
76. Какие виды теплопередачи преобладают в пористой среде при умеренных температурах?
77. Какие виды теплопередачи преобладают в пористой среде при высоких температурах?
78. Какие факторы влияют на теплообмен в пористой среде?
79. Какие источники и стоки тепла имеются в ЭТУС для утилизации отходов?
80. Какие граничные условия ставятся при расчете температурного поля в ЭТУС экологического назначения.
81. Что такое объемный коэффициент теплоотдачи?
82. Какие модели структуры пористой среды используются для расчета эффективной теплопроводности?

## Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Теория электронагрева и теплопередачи», 7 семестр

### 1. Методика оценки

Контрольная работа состоит из 2-х задач теории теплопередачи. Первая задача относится к общей части теории теплопередачи. Вторая задача посвящена исследованию тепловых условий работы реального токоведущего элемента.

Задачи решаются самостоятельно во внеаудиторное время. Сдаются на проверку не позднее 16 недели семестра.

### 2. Критерии оценки

Контрольная работа оценивается до 12 баллов.

Контрольная работа считается **невыполненной**, если студент не выполняет базовые вычисления и не знает основ теории теплопередачи. Оценка составляет **менее 50%** баллов.

Работа выполнена на **пороговом** уровне, если студент знает основы теплопередачи, при решении задач допускает грубые нарушения использования основных законов теплопередачи. Оценка составляет **50 – 72%** баллов.

Работа выполнена на **базовом** уровне, если студент знает основы теплопередачи, при решении задач допускает незначительные арифметические ошибки. Оценка составляет **73 – 86%** баллов.

Работа считается выполненной на **продвинутом** уровне, если студент знает основы теплопередачи, при решении задач не допускает арифметических ошибок. Оценка составляет **87 – 100%** баллов.

### 3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за контрольную работу учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, описанной в рабочей программе дисциплины.

### 4. Пример варианта контрольной работы

#### Задача № 1.

Требуется исследовать тепловые процессы в двухслойной пластине, состоящей из слоя металлического материала  $\Pi_i$  толщиной  $d_i$  и слоя изоляционного материала  $И_j$ , толщина которого принимает значения  $0,5 \cdot d_j$ ;  $d_j$ . Температура на внешней поверхности слоя из металлического материала  $T_1(i)$ , а внешней поверхности слоя из изоляционного материала  $T_2(j)$ . Реальные значения исходных данных выбираются согласно варианту.

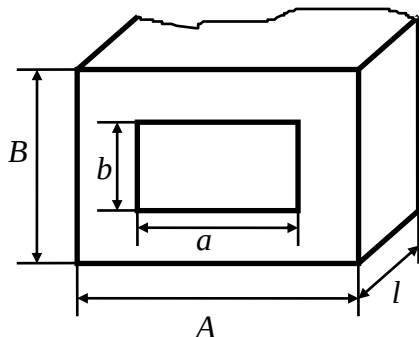
Задание:

- а) найти термическое сопротивление двухслойной пластины;
- б) определить плотность теплового потока через пластину;
- в) рассчитать тепловой поток через пластину, если известно, что ее длина и ширина равна 5 м;
- г) найти температуру на границе слоев;

д) приняв поверхность пластины с температурой  $T_1$  за начало координат, определить температуру  $T(x)$  в теле пластины на расстоянии  $x = 0,1 \cdot d$ ;  $0,5 \cdot d$ ;  $0,9 \cdot d$ , где  $d = d_i + d_j$  - толщины двухслойной пластины;

е) оценить, как влияет на величины теплового потока и температуры между слоями изменения толщины изоляционного слоя.

### Задача № 2.



Обмотка электрогенератора выполнена в виде пустотелого медного проводника с прямоугольным сечением ( высота канала  $a = 6$  мм; ширина канала  $b = 12$  мм; высота трубки  $A = 13$  мм; ширина трубки  $B = 22$  мм; толщина стенки трубки  $l = 0,6$  м).

При пропускании тока в стенках проводника выделяется тепло, которое отводится охлаждающей средой, перемещающейся в канале.

Заданы следующие величины:

- электрический ток в обмотке  $I_i$ ;
- средняя скорость течения охлаждающей среды  $V_j$ ;
- давление в канале  $p = 4$  атм.

Расчет провести для воздуха и углекислого газа при следующих значениях температуры среды на входе в канал  $t_{ж1} = 20$  °С.

Величина тока  $I_i$ ; выбирается по таблице № 3, а значений скорости теплоносителя по таблице № 4.

#### Задание:

- а) рассчитать средний коэффициент теплоотдачи от стенки канала;
- б) определить среднюю температуру стенки канала.