**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«Самарский государственный технический университет»**
(ФГБОУ ВО «СамГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ:
Первый проректор-проректор по учебной работе
_____ / Д.Е. Овчинников
"_____" _____ 20___ г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

## Б1.В.04.17 «Оптимизация тепловых процессов в технике и технологиях»

| | |
|---|---|
| **Код и направление подготовки (специальность)** | 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника |
| **Направленность (профиль)** | Энергообеспечение предприятий |
| **Квалификация** | Бакалавр |
| **Форма обучения** | Очная |
| **Год начала подготовки** | 2025 |
| **Институт / факультет** | Теплоэнергетический факультет |
| **Выпускающая кафедра** | кафедра "Промышленная теплоэнергетика" |
| **Кафедра-разработчик** | кафедра "Промышленная теплоэнергетика" |
| **Объем дисциплины, ч. / з.е.** | 144 / 4 |
| **Форма контроля (промежуточная аттестация)** | Экзамен |

Самара 2025

**Б1.В.04.17 «Оптимизация тепловых процессов в технике и технологиях»**

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) **13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от № 143 от 28.02.2018 и соответствующего учебного плана.

Разработчик РПД:

| | |
|---|---|
| Доцент, кандидат технических наук | П.В Иглин |
| (должность, степень, ученое звание) | (ФИО) |

| | |
|---|---|
| Заведующий кафедрой | А.В. Еремин, доктор технических наук, доцент |
| | (ФИО, степень, ученое звание) |

СОГЛАСОВАНО:

| | |
|---|---|
| Председатель методического совета факультета / института (или учебно-методической комиссии) | Н.В Маслобойникова, кандидат филологических наук, доцент |
| | (ФИО, степень, ученое звание) |
| Руководитель образовательной программы | А.В. Еремин, доктор технических наук, доцент |
| | (ФИО, степень, ученое звание) |

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы ..... 4
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы ..... 4
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся ..... 4
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий ..... 5
4.1 Содержание лекционных занятий ..... 5
4.2 Содержание лабораторных занятий ..... 7
4.3 Содержание практических занятий ..... 9
4.4. Содержание самостоятельной работы ..... 10
5. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю) ..... 11
6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения ..... 12
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем ..... 12
8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю) ..... 12
9. Методические материалы ..... 13
10. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) ..... 15

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

| Наименование категории (группы) компетенций | Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Результаты обучения (знать, уметь, владеть, соотнесенные с индикаторами достижения компетенции) |
|---|---|---|---|
| Профессиональные компетенции | | | |
| Не предусмотрено | ПК-6 Способен проводить сертификационные испытания энергетического оборудования | ПК-6.1 Знать: Конструкции современного энергетического оборудования | Знать основы оптимизации тепловых процессов |
| | | ПК-6.2 Уметь: Использовать приборную базу для проведения сертификационных испытаний | Уметь математически описывать тепловые процессы |
| | | ПК-6.3 Владеть: Методикой проведения сертификационных испытаний | Владеть применением программных средств для решения задач оптимизации |

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы: **часть, формируемая участниками образовательных отношений**

| Код компетенции | Предшествующие дисциплины | Параллельно осваиваемые дисциплины | Последующие дисциплины |
|---|---|---|---|
| ПК-6 | Алгоритмизация компьютерных задач в энергетике;<br>Современные методы расчета тепловых схем энергоустановок | | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы;<br>Производственная практика: преддипломная практика |

## 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

| Вид учебной работы | Всего часов / часов в электронной форме | 7 семестр часов / часов в электронной форме |
|---|---|---|
| **Аудиторная контактная работа (всего),**<br>в том числе: | 64 | 64 |

| | | |
|---|---|---|
| Лабораторные работы | 32 | 32 |
| Лекции | 16 | 16 |
| Практические занятия | 16 | 16 |
| **Внеаудиторная контактная работа, КСР** | 4 | 4 |
| **Самостоятельная работа (всего),** в том числе: | 40 | 40 |
| подготовка к лабораторным работам | 14 | 14 |
| подготовка к практическим занятиям | 14 | 14 |
| подготовка к экзамену | 12 | 12 |
| **Контроль** | 36 | 36 |
| **Итого: час** | 144 | 144 |
| **Итого: з.е.** | 4 | 4 |

## 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

| № раздела | Наименование раздела дисциплины | Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ЛЗ | ЛР | ПЗ | СРС | Всего часов |
| 1 | Основы оптимизации | 8 | 12 | 8 | 20 | 48 |
| 2 | Оптимизация тепловых процессов с помощью программных средств | 8 | 20 | 8 | 20 | 56 |
| | **КСР** | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| | **Контроль** | 0 | 0 | 0 | 0 | 36 |
| | **Итого** | 16 | 32 | 16 | 40 | 144 |

### 4.1 Содержание лекционных занятий

| № занятия | Наименование раздела | Тема лекции | Содержание лекции (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов) | Количество часов / часов в электронной форме |
|---|---|---|---|---|
| **7 семестр** | | | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Основы оптимизации | Оптимизационные задачи в энергетике | 1. Оптимизация: определение, основные задачи. 2. Оптимизационные задачи в энергетике: оптимизация процессов горения топлива; оптимизация параметров работы энергетического оборудования (теплообменный аппарат, конденсатор, ректификационная установка, котельный агрегат). 3. Сертификационные испытания в энергетике: основные задачи, содержание. | 2 |
| 2 | Основы оптимизации | Основы решения оптимизационных задач | 1. Роль математических методов в решении оптимизационных задач. 2. Методы оптимизации. 3. Основные понятия линейного программирования. | 2 |
| 3 | Основы оптимизации | Решение задачи поиска экстремума в различных программных средах | Симплекс-метод линейного программирования. | 2 |
| 4 | Основы оптимизации | Решение задачи поиска экстремума в различных программных средах (продолжение) | 1. Поиск экстремума в MS Excel и Mathcad. 2. Разбор примеров из энергетики, например: оптимизация процессов горения топлива; оптимизация параметров работы энергетического оборудования (теплообменный аппарат, конденсатор, ректификационная установка, котельный агрегат). | 2 |
| 5 | Оптимизация тепловых процессов с помощью программных средств | Математическое описание тепловых процессов | 1. Математическое описание теплопроводности (закон Фурье). 2. Математическое описание тепло-отдачи (закон Ньютона-Рихмана). 3. Основы теории подобия. | 2 |
| 6 | Оптимизация тепловых процессов с помощью программных средств | Виды технических расчетов | 1. Основные характеристики работы теплоэнергетического оборудования. 2. Тепловой расчет. 3. Гидравлический расчет. 4. Прочностной расчет. | 2 |
| 7 | Оптимизация тепловых процессов с помощью программных средств | Применение программных сред для решения задач оптимизации тепловых процессов | 1. Оптимизация тепловых процессов в ANSYS. 2. Разбор на примере теплообменника. | 2 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 8 | Оптимизация тепловых процессов с помощью программных средств | Применение программных сред для решения задач оптимизации тепловых процессов (продолжение) | 1. Оптимизация тепловых процессов и конструкций элементов теплоэнергетического оборудования на основе CAD-систем. 2. Разбор примеров из энергетики, например: оптимизация процессов горения топлива; оптимизация параметров работы энергетического оборудования (теплообменный аппарат, конденсатор, ректификационная установка, котельный агрегат). | 2 |
| | | | **Итого за семестр:** | **16** |
| | | | **Итого:** | **16** |

## 4.2 Содержание лабораторных занятий

| **№ занятия** | **Наименование раздела** | **Тема лабораторного занятия** | **Содержание лабораторного занятия** (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов) | **Количество часов / часов в электронной форме** |
|---|---|---|---|---|
| **7 семестр** | | | | |
| 1 | Основы оптимизации | Решение линейных оптимизационных задач в MS Excel | 1. знакомство с интерфейсом программы 2. выбор объекта для моделирования: теплообменный аппарат, конденсатор, котельный агрегат. 3. составление математической модели поставленной задачи | 2 |
| 2 | Основы оптимизации | Решение линейных оптимизационных задач в MS Excel (продолжение) | 4. решение задачи в MS Excel. | 2 |
| 3 | Основы оптимизации | Решение нелинейных оптимизационных задач в MS Excel | 1. составление математической модели поставленной задачи оптимизации процессов горения топлива, сушки, конденсации или режима работы энергетического оборудования. | 2 |
| 4 | Основы оптимизации | Решение нелинейных оптимизационных задач в MS Excel (продолжение) | 2. решение задачи в MS Excel. | 2 |
| 5 | Основы оптимизации | Решение линейных оптимизационных задач в Mathcad | 1. составление математической модели поставленной задачи оптимизации процессов горения топлива, сушки, конденсации или режима работы энергетического оборудования. | 2 |
| 6 | Основы оптимизации | Решение линейных оптимизационных задач в Mathcad (продолжение) | 2. решение задачи в Mathcad. | 2 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 7 | Оптимизация тепловых процессов с помощью программных средств | Решение оптимизационных задач в различных CAD-системах (часть 1) | 1. знакомство с видами CAD-систем, которые используются для оптимизации процессов горения топлива, сушки, конденсации и режимов работы энергетического оборудования. | 2 |
| 8 | Оптимизация тепловых процессов с помощью программных средств | Решение оптимизационных задач в различных CAD-системах (часть 2) | 2. работа с интерфейсом CAD-системы. | 2 |
| 9 | Оптимизация тепловых процессов с помощью программных средств | Решение оптимизационных задач в различных CAD-системах (часть 3) | 3. постановка задачи – минимизация размеров детали энергетического оборудования. | 2 |
| 10 | Оптимизация тепловых процессов с помощью программных средств | Решение оптимизационных задач в различных CAD-системах (часть 4) | 4. разработка программы для решения поставленной оптимизационной задачи | 2 |
| 11 | Оптимизация тепловых процессов с помощью программных средств | Решение оптимизационных задач в ANSYS (часть 1) | 1. работа с интерфейсом ANSYS. 2. моделирование заданного энергетического оборудования. | 2 |
| 12 | Оптимизация тепловых процессов с помощью программных средств | Решение оптимизационных задач в ANSYS (часть 2) | 3. работа с модулем Direct optimization. | 2 |
| 13 | Оптимизация тепловых процессов с помощью программных средств | Решение оптимизационных задач в ANSYS (часть 3) | 4. оптимизация размеров детали при заданных теплотехнических параметров. | 2 |
| 14 | Оптимизация тепловых процессов с помощью программных средств | Решение оптимизационных задач в ANSYS (часть 4) | 5. моделирование заданного термодинамического процесса: горения топлива, сушки, конденсации, теплообмена. 6. тепловой анализ в ANSYS: определение зависимости коэффициента теплоотдачи от скорости потока. | 2 |
| 15 | Оптимизация тепловых процессов с помощью программных средств | Решение оптимизационных задач в ANSYS (часть 5) | 7. тепловой анализ в ANSYS: расчет термохимических напряжений. | 2 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 16 | Оптимизация тепловых процессов с помощью программных средств | Решение оптимизационных задач в ANSYS (часть 6) | 8. разработка алгоритма решения персональной оптимизационной задачи в ANSYS: оптимизации процессов горения топлива, сушки, конденсации или режима работы энергетического оборудования. | 2 |
| | | | **Итого за семестр:** | **32** |
| | | | **Итого:** | **32** |

## 4.3 Содержание практических занятий

| **№ занятия** | **Наименование раздела** | **Тема практического занятия** | **Содержание практического занятия** (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов) | **Количество часов / часов в электронной форме** |
|---|---|---|---|---|
| **7 семестр** | | | | |
| 1 | Основы оптимизации | Построение математических моделей задач линейного программирования | 1. Знакомство с основами линейного программирования. 2. Разбор примеров построения математических моделей задач линейного программирования применительно к процессам горения топлива, сушки, конденсации или режимам работы энергетического оборудования. | 2 |
| 2 | Основы оптимизации | Каноническая и стандартная форма задачи линейного программирования | 1. Знакомство с канонической и стандартной формой задачи линейного программирования. 2. Переход от одной формы к другой. 3. Разбор примеров, применительно к процессам горения топлива, сушки, конденсации или режимам работы энергетического оборудования. | 2 |
| 3 | Основы оптимизации | Графический метод решения задачи линейного программирование | 1. Знакомство с графическим методом решения задач линейного программирования. 2. Решение задач с двумя переменными и ограничениями в виде неравенств графическим методом. 3. Разбор примеров, применительно к процессам горения топлива, сушки, конденсации или режимам работы энергетического оборудования. | 2 |
| 4 | Основы оптимизации | Симплексный метод решения задачи линейного программирование | 1. Знакомство с симплексным методом решения задач линейного программирования. 2. Решение задач симплексным методом. 3. Разбор примеров, применительно к процессам горения топлива, сушки, конденсации или режимам работы энергетического оборудования. | 2 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 5 | Оптимизация тепловых процессов с помощью программных средств | Оптимизация решения задачи линейного программирование симплексным методом в MS Excel | 1. Рассмотрение алгоритма решения задачи симплексным методом в MS Excel. 2. Разбор и решение задач в MS Excel. 3. Проверка решения графическим способом. 4. Разбор примеров, применительно к процессам горения топлива, сушки, конденсации или режимам работы энергетического оборудования. | 2 |
| 6 | Оптимизация тепловых процессов с помощью программных средств | Поиск безусловного экстремума функции на примере процессов теплообмена | 1. Понятие об условном экстремуме. 2. Численные методы поиска безусловного экстремума: метод Фибоначчи. | 2 |
| 7 | Оптимизация тепловых процессов с помощью программных средств | Нелинейное программирование | 1. Знакомство с задачами нелинейного программирования. 2. Разбор методов и алгоритмов решения задач нелинейного программирования. 3. Разбор примеров, применительно к процессам горения топлива, сушки, конденсации или режимам работы энергетического оборудования. | 2 |
| 8 | Оптимизация тепловых процессов с помощью программных средств | Решение задач нелинейного программирования в MS Excel | 1. Разбор и решение задач нелинейного программирования в MS Excel. 2. Разбор примеров, применительно к процессам горения топлива, сушки, конденсации или режимам работы энергетического оборудования. | 2 |
| | | | **Итого за семестр:** | **16** |
| | | | **Итого:** | **16** |

## 4.4. Содержание самостоятельной работы

| **Наименование раздела** | **Вид самостоятельной работы** | **Содержание самостоятельной работы** (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов) | **Количество часов** |
|---|---|---|---|
| **7 семестр** | | | |
| Основы оптимизации | подготовка к практическим занятиям (раздел 1) | 1. Повторение лекционного материала перед практическими занятиями. | 7 |
| Основы оптимизации | подготовка к лабораторным работам (раздел 1) | 1. Повторение лекционного материала перед лабораторной работой. 2. Доработка отчета по выполненной лабораторной работе. | 7 |
| Основы оптимизации | подготовка к экзамену (раздел 1) | 1. Разбор экзаменационных вопросов. 2. Повторение лекционного материала. | 6 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Оптимизация тепловых процессов с помощью программных средств | подготовка к практическим занятиям (раздел 2) | 1. Повторение лекционного материала перед практическими занятиями. | 7 |
| Оптимизация тепловых процессов с помощью программных средств | подготовка к лабораторным работам (раздел 2) | 1. Повторение лекционного материала перед лабораторной работой. 2. Доработка отчета по выполненной лабораторной работе. | 7 |
| Оптимизация тепловых процессов с помощью программных средств | подготовка к экзамену (раздел 2) | 1. Разбор экзаменационных вопросов. 2. Повторение лекционного материала. | 6 |
| | | **Итого за семестр:** | **40** |
| | | **Итого:** | **40** |

## 5. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю)

| **№ п/п** | **Библиографическое описание** | **Ресурс НТБ СамГТУ** (ЭБС СамГТУ, IPRbooks и т.д.) |
|---|---|---|
| Основная литература | | |
| 1 | Каплун, А.Б. ANSYS в руках инженера : Практ.руководство / А.Б.Каплун,Е.М.Морозов,М.А.Олферьева.- М., УРСС, 2003.- 269 с. | Книжный фонд |
| 2 | Макаров, Е.Г. Инженерные расчеты в Mathcad 14 / Е. Г. Макаров.- М., Питер, 2007.- 591 с. | Книжный фонд |
| 3 | Ракитин, В.И. Руководство по методам вычислений и приложения MATHCAD : Учеб.пособие / В. И. Ракитин.- М., Физматлит, 2005.- 264 с. | Книжный фонд |
| 4 | Ширяев, В.И. Исследование операций и численные методы оптимизации : Учеб.пособие / В. И. Ширяев .- 2-е изд.,перераб.и доп..- М., КомКнига, [2006].- 211 с. | Книжный фонд |
| Дополнительная литература | | |
| 5 | Алямовский, А.А. SolidWorks/COSMOSWorks 2006-2007 : Инж.анализ методом конеч.элементов / А. А. Алямовский.- М., ДМК, 2007.- 784 с. | Книжный фонд |
| 6 | Зеньковский, В.А. Применение Excel в экономических и инженерных расчетах / В. А. Зеньковский.- М., СОЛОН-Пресс, 2005.- 185 с. | Книжный фонд |
| 7 | Мюррей, Д. SolidWorks / Д.Мюррей; Пер. с англ.- М., ЛОРИ, 2001.- 458 с. | Книжный фонд |
| 8 | Семененко, М.Г. Введение в математическое моделирование.- М., Солон-Р, 2002.- 111 с. | Книжный фонд |
| 9 | Сузи, Р.А. Язык программирования PYTHON : учеб.пособие / Р. А. Сузи.- М., Интернет-Ун-т Информ.Технологий, 2006М., БИНОМ.Лаб.знаний.- 326 с. | Книжный фонд |
| 10 | Чигарев, А.В. ANSYS для инженеров : Справ.пособие / А.В.Чигарев,А.С.Кравчук,А.Ф.Смалюк.- М., МашиностроениеМ., Машиностроение-1, 2004.- 511 с. | Книжный фонд |
| Учебно-методическое обеспечение | | |

| | | |
|---|---|---|
| 11 | Бруяка, В.А. Инженерный анализ в ANSYS Workbench : учеб.пособие / В. А. Бруяка, В. Г. Фокин, Я. В. Кураева; Самар.гос.техн.ун-т, ЗАО «КАДФЕМ Си-Ай-Эс», Механика.- Самара, 2013.- 149 с..- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu\|\|elib\|\|844 | Электронный ресурс |
| 12 | Горелов, В.Н. Проектирование деталей машин с использованием программного комплекса ANSYS : учеб.-метод.пособие / В. Н. Горелов, А. Н. Лукьянова; Самар.гос.техн.ун-т.- Самара, 2011.- 69 с. | Книжный фонд |
| 13 | Шуваев, В.Г. Моделирование систем с использованием программного комплекса ANSYS : лаб.практикум / В. Г. Шуваев , И. В. Шуваев; Самар.гос.техн.ун-т, Автоматизация производств и управление транспортными системами.- Самара, 2010.- 53 с..- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu\|\|elib\|\|676 | Электронный ресурс |

Доступ обучающихся к ЭР НТБ СамГТУ (elib.samgtu.ru) осуществляется посредством электронной информационной образовательной среды университета и сайта НТБ СамГТУ по логину и паролю.

## 6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения

При проведении лекционных занятий используется мультимедийное оборудование.

Организовано взаимодействие обучающегося и преподавателя с использованием электронной ин-формационной образовательной среды университета.

| № п/п | Наименование | Производитель | Способ распространения |
|---|---|---|---|
| 1 | ANSYS | ANSYS, Inc. (Зарубежный) | Лицензионное |
| 2 | Excel | Microsoft (Зарубежный) | Лицензионное |
| 3 | MathCad | PTC (Зарубежный) | Лицензионное |

## 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

| № п/п | Наименование | Краткое описание | Режим доступа |
|---|---|---|---|
| 1 | РосТепло.Ru. Информационная система по теплоснабжению | http://www.rosteplo.ru/ | Ресурсы открытого доступа |

## 8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

**Лекционные занятия**

Проектор, экран, ПК для демонстрации презентаций.

**Практические занятия**

ПК с установленным ПО по курсу.

**Лабораторные занятия**

ПК с установленным ПО по курсу.

# Методические рекомендации при работе на лекции

До лекции студент должен просмотреть учебно-методическую и научную литературу по теме лекции с тем, чтобы иметь представление о проблемах, которые будут разбираться в лекции.

Перед началом лекции обучающимся сообщается тема лекции, план, вопросы, подлежащие рассмотрению, доводятся основные литературные источники. Весь учебный материал, сообщаемый преподавателем, должен не просто прослушиваться. Он должен быть активно воспринят, т.е. услышан, осмыслен, понят, зафиксирован на бумаге и закреплен в памяти. Приступая к слушанию нового учебного материала, полезно мысленно установить его связь с ранее изученным. Следя за техникой чтения лекции (акцент на существенном, повышение тона, изменение ритма, пауза и т.п.), необходимо вслед за преподавателем уметь выделять основные категории, законы и определять их содержание, проблемы, предполагать их возможные решения, доказательства и выводы. Осуществляя такую работу, можно значительно облегчить себе понимание учебного материала, его конспектирование и дальнейшее изучение.

Конспектирование лекции позволяет обработать, систематизировать и лучше сохранить полученную информацию с тем, чтобы в будущем можно было восстановить в памяти основные, содержательные моменты. Типичная ошибка, совершаемая обучающимся, дословное конспектирование речи преподавателя. Как правило, при записи «слово в слово» не остается времени на обдумывание, анализ и синтез информации. Отбирая нужную информацию, главные мысли, проблемы, решения и выводы, необходимо сокращать текст, строить его таким образом, чтобы потом можно было легко в нем разобраться. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых можно будет делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. С окончанием лекции работа над конспектом не может считаться завершенной. Нужно еще восстановить отдельные места, проверить, все ли понятно, уточнить что-то на консультации и т.п. с тем, чтобы конспект мог быть использован в процессе подготовки к практическим занятиям, зачету, экзамену. Конспект лекции – незаменимый учебный документ, необходимый для самостоятельной работы.

# Методические рекомендации при подготовке и работе на практическом занятии

Практические занятия по дисциплине проводятся в целях выработки практических умений и приобретения навыков в решении профессиональных задач.

Рекомендуется следующая схема подготовки к практическому занятию:

1. ознакомление с планом практического занятия, который отражает содержание предложенной темы;
2. проработка конспекта лекции;
3. чтение рекомендованной литературы;

4. подготовка ответов на вопросы плана практического занятия;
5. выполнение тестовых заданий, задач и др.

Подготовка обучающегося к практическому занятию производится по вопросам, разработанным для каждой темы практических занятий и (или) лекций. В процессе подготовки к практическим занятиям, необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы.

Работа студентов во время практического занятия осуществляется на основе заданий, которые выдаются обучающимся в начале или во время занятия. На практических занятиях приветствуется активное участие в обсуждении конкретных ситуаций, способность на основе полученных знаний находить наиболее эффективные решения поставленных проблем, уметь находить полезный дополнительный материал по тематике занятий. Обучающимся необходимо обращать внимание на основные понятия, алгоритмы, определять практическую значимость рассматриваемых вопросов. На практических занятиях обучающиеся должны уметь выполнить расчет по заданным параметрам или выработать определенные решения по обозначенной проблеме. Задания могут быть групповые и индивидуальные. В зависимости от сложности предлагаемых заданий, целей занятия, общей подготовки обучающихся преподаватель может подсказать обучающимся алгоритм решения или первое действие, или указать общее направление рассуждений. Полученные результаты обсуждаются с позиций их адекватности или эффективности в рассмотренной ситуации.

Решение задач по индивидуальным вариантам исходных данных собираются преподавателем в электронном виде.

# Методические рекомендации при работе на лабораторном занятии

Проведение лабораторной работы делится на две условные части: теоретическую и практическую.

Необходимыми структурными элементами занятия являются проведение лабораторной работы, проверка усвоенного материала, включающая обсуждение теоретических основ выполняемой работы.

Перед лабораторной работой, как правило, проводится технико-теоретический инструктаж по использованию необходимого оборудования. Преподаватель корректирует деятельность обучающегося в процессе выполнения работы (при необходимости). После завершения лабораторной работы подводятся итоги, обсуждаются результаты деятельности.

Возможны следующие формы организации лабораторных работ: фронтальная, групповая и индивидуальная. При фронтальной форме выполняется одна и та же работа (при этом возможны различные варианты заданий). При групповой форме работа выполняется группой (командой). При индивидуальной форме обучающимися выполняются индивидуальные работы.

По каждой лабораторной работе имеются методические указания по их выполнению, включающие необходимый теоретический и практический материал, содержащие элементы и последовательную инструкцию по проведению выбранной работы, индивидуальные варианты заданий, требования и форму отчетности по данной работе.

Отчетные материалы по лабораторным работам собираются преподавателем в электронном виде.

# Методические рекомендации по выполнению

# самостоятельной работы

Организация самостоятельной работы обучающихся ориентируется на активные методы овладения знаниями, развитие творческих способностей, переход от поточного к индивидуализированному обучению с учетом потребностей и возможностей обучающегося.

Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

Самостоятельная работа реализуется:

- непосредственно в процессе аудиторных занятий;
- на лекциях, практических занятиях;
- в контакте с преподавателем вне рамок расписания;
- на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.;
- в библиотеке, дома, на кафедре при выполнении обучающимся учебных и практических задач.

Эффективным средством осуществления обучающимся самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), практик, к изданиям электронных библиотечных систем.

## 10. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств представлен в приложении № 1.

Приложение 1 к рабочей программе дисциплины
Б1.В.04.17 «Оптимизация тепловых процессов в технике и технологиях»

**Фонд оценочных средств**
**по дисциплине**
**Б1.В.04.17 «Оптимизация тепловых процессов в технике и технологиях»**

| | |
|---|---|
| **Код и направление подготовки (специальность)** | 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника |
| **Направленность (профиль)** | Энергообеспечение предприятий |
| **Квалификация** | Бакалавр |
| **Форма обучения** | Очная |
| **Год начала подготовки** | 2025 |
| **Институт / факультет** | Теплоэнергетический факультет |
| **Выпускающая кафедра** | кафедра "Промышленная теплоэнергетика" |
| **Кафедра-разработчик** | кафедра "Промышленная теплоэнергетика" |
| **Объем дисциплины, ч. / з.е.** | 144 / 4 |
| **Форма контроля (промежуточная аттестация)** | Экзамен |

## Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

| Наименование категории (группы) компетенций | Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Результаты обучения (знать, уметь, владеть, соотнесенные с индикаторами достижения компетенции) |
|---|---|---|---|
| Профессиональные компетенции | | | |
| Не предусмотрено | ПК-6 Способен проводить сертификационные испытания энергетического оборудования | ПК-6.1 Знать: Конструкции современного энергетического оборудования | Знать основы оптимизации тепловых процессов |
| | | ПК-6.2 Уметь: Использовать приборную базу для проведения сертификационных испытаний | Уметь математически описывать тепловые процессы |
| | | ПК-6.3 Владеть: Методикой проведения сертификационных испытаний | Владеть применением программных средств для решения задач оптимизации |

## Матрица соответствия оценочных средств запланированным результатам обучения

| Код индикатора достижения компетенции | Результаты обучения | Оценочные средства | Текущий контроль успеваемости | Промежуточная аттестация |
|---|---|---|---|---|
| **Основы оптимизации** | | | | |
| ПК-6.1 Знать: Конструкции современного энергетического оборудования | **Знать** основы оптимизации тепловых процессов | Задачи практических занятий. Защита отчетов по лабораторным работам, ответ на контрольные вопросы. Отчетные материалы собираются преподавателем в электронном виде. Вопросы к экзамену. | Да | Да |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ПК-6.2 Уметь: Использовать приборную базу для проведения сертификационных испытаний | **Уметь** математически описывать тепловые процессы | Задачи практических занятий. Защита отчетов по лабораторным работам, ответ на контрольные вопросы. Отчетные материалы собираются преподавателем в электронном виде. Вопросы к экзамену. | Да | Да |
| ПК-6.3 Владеть: Методикой проведения сертификационных испытаний | **Владеть** применением программных средств для решения задач оптимизации | Задачи практических занятий. Защита отчетов по лабораторным работам, ответ на контрольные вопросы. Отчетные материалы собираются преподавателем в электронном виде. Вопросы к экзамену. | Да | Да |
| **Оптимизация тепловых процессов с помощью программных средств** | | | | |
| ПК-6.1 Знать: Конструкции современного энергетического оборудования | **Знать** основы оптимизации тепловых процессов | Задачи практических занятий. Защита отчетов по лабораторным работам, ответ на контрольные вопросы. Отчетные материалы собираются преподавателем в электронном виде. Вопросы к экзамену. | Да | Да |
| ПК-6.2 Уметь: Использовать приборную базу для проведения сертификационных испытаний | **Уметь** математически описывать тепловые процессы | Задачи практических занятий. Защита отчетов по лабораторным работам, ответ на контрольные вопросы. Отчетные материалы собираются преподавателем в электронном виде. Вопросы к экзамену. | Да | Да |
| ПК-6.3 Владеть: Методикой проведения сертификационных испытаний | **Владеть** применением программных средств для решения задач оптимизации | Задачи практических занятий. Защита отчетов по лабораторным работам, ответ на контрольные вопросы. Отчетные материалы собираются преподавателем в электронном виде. Вопросы к экзамену. | Да | Да |

## *«Оптимизация тепловых процессов в технике и технологиях»*

**2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы.**

**2.1. Формы текущего контроля успеваемости**

**Семестр 7**

**Темы рефератов**

1. Понятие оптимизации. Цели и задачи оптимизации в теплоэнергетике.
2. Критерии оптимальности тепловых процессов.
3. Математическое моделирование как основа оптимизации.
4. Методы одномерной оптимизации (метод золотого сечения, дихотомии).
5. Методы многомерной оптимизации (градиентные методы, метод Ньютона).
6. Линейное программирование в задачах теплоэнергетики.
7. Нелинейное программирование и его применение.
8. Динамическое программирование для оптимизации многостадийных процессов.
9. Методы случайного поиска и генетические алгоритмы.
10. Оптимизация режимов работы котельных установок.
11. Оптимизация режимов работы паротурбинных установок.
12. Оптимизация режимов работы газотурбинных установок.
13. Оптимизация режимов работы парогазовых установок.
14. Оптимизация тепловых схем ТЭС и ТЭЦ.
15. Оптимизация параметров теплообменного оборудования.
16. Оптимизация температурных напоров в теплообменниках.
17. Оптимизация давления и температуры пара в циклах ПТУ.
18. Оптимизация степени регенерации в тепловых схемах.
19. Оптимизация распределения нагрузки между энергоблоками.
20. Оптимизация процессов горения топлива.
21. Оптимизация тепловой изоляции оборудования и трубопроводов.
22. Технико-экономическая оптимизация в энергетике.
23. Учет фактора времени при оптимизации (дисконтирование).
24. Оптимизация с учетом экологических ограничений.
25. Использование программных комплексов для оптимизации (Ansys, MATLAB).
26. Оптимизация систем теплоснабжения.
27. Оптимизация режимов отпуска теплоты потребителям.
28. Оптимизация работы тепловых насосов.
29. Оптимизация систем утилизации вторичных энергоресурсов.
30. Перспективные методы оптимизации в теплоэнергетике.

---

**Типовые тестовые задания для проведения текущего контроля успеваемости**

**1. Что означает термин «оптимизация» применительно к тепловым процессам?**

а) усложнение технологической схемы;
б) поиск наилучшего (экстремального) значения критерия при заданных ограничениях;
в) максимальное увеличение всех параметров процесса;
г) упрощение математической модели.

**2. Что такое целевая функция в задаче оптимизации?**

а) функция, описывающая ограничения;
б) количественный показатель, который требуется максимизировать или минимизировать;
в) название программы для оптимизации;
г) график зависимости параметров.

**3. Какие ограничения чаще всего встречаются в задачах оптимизации тепловых процессов?**

а) только финансовые ограничения;
б) технологические, физические, экологические и экономические ограничения;
в) только ограничения по времени;
г) только ограничения по массе оборудования.

**4. Какой метод оптимизации относится к методам одномерного поиска?**

а) градиентный спуск;
б) метод золотого сечения;
в) метод Ньютона;
г) симплекс-метод.

**5. Какой метод используется для решения задач линейного программирования?**

а) метод золотого сечения;
б) симплекс-метод;
в) метод Монте-Карло;
г) метод Ньютона.

**6. Что такое глобальный и локальный оптимумы?**
а) это одно и то же понятие;
б) глобальный оптимум — наилучшее значение на всей области определения, локальный — в некоторой окрестности;
в) локальный оптимум всегда лучше глобального;
г) глобальный оптимум — это оптимум в Европе, локальный — в России.
**7. Какой критерий чаще всего используется при оптимизации теплоэнергетического оборудования?**
а) максимальная температура;
б) минимальные приведенные затраты или максимальный КПД;
в) максимальная масса оборудования;
г) минимальная скорость потоков.
**8. Что такое "чувствительность" оптимального решения?**
а) способность оборудования чувствовать изменения;
б) степень влияния изменения параметров на значение целевой функции;
в) реакция персонала на изменения;
г) скорость изменения температуры.
**9. Для чего используется метод множителей Лагранжа?**
а) для безусловной оптимизации;
б) для решения задач условной оптимизации (с ограничениями типа равенств);
в) для одномерного поиска;
г) для случайного поиска.
**10. Что такое Парето-оптимальное решение?**
а) единственное наилучшее решение;
б) решение, в котором нельзя улучшить ни один критерий, не ухудшив другие (в многокритериальных задачах);
в) решение, найденное методом Монте-Карло;
г) решение, не удовлетворяющее ограничениям.

**Ключ к тестовым заданиям**

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|
| 1 | Б | 6 | Б |
| 2 | Б | 7 | Б |
| 3 | Б | 8 | Б |
| 4 | Б | 9 | Б |
| 5 | Б | 10 | Б |

| Кол-во верных ответов | Характеристика | Контролируемая компетенция |
|---|---|---|
| **9 – 10** | - глубокое знание учебно-программного материала;<br>- умение свободно выполнять задания;<br>- усвоение взаимосвязи основных понятий дисциплины;<br>- способность самостоятельно приобретать новые знания и умения;<br>- способность самостоятельно использовать углубленные знания. | УК-1, ОПК-2, ПК-4 |
| **7 – 8** | - полное знание учебно-программного материала;<br>- успешное выполнение предусмотренных программой заданий;<br>- демонстрация систематического характера знаний по дисциплине и способность к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшего обучения в вузе и в будущей профессиональной деятельности. | УК-1, ОПК-2, ПК-4 |

| Кол-во верных ответов | Характеристика | Контролируемая компетенция |
|---|---|---|
| **5 – 6** | - знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшего обучения;<br>- выполнение заданий, предусмотренных программой;<br>- допущение неточностей в ответе, но обладание необходимыми знаниями для их устранения. | УК-1, ОПК-2, ПК-4 |
| **4 и менее** | - наличие пробелов в знаниях основного учебно-программного материала;<br>- допущение принципиальных ошибок в выполнении предусмотренных программой заданий. | УК-1, ОПК-2, ПК-4 |

**Типовые вопросы для письменного опроса**
**(Раздел 1 – Теоретические основы оптимизации)**

1. Понятие оптимизации. Цели и задачи оптимизации в теплоэнергетике.
2. Основные элементы задачи оптимизации: целевая функция, варьируемые параметры, ограничения.
3. Классификация методов оптимизации (детерминированные и стохастические, одномерные и многомерные).
4. Постановка задачи оптимизации теплового процесса.
5. Унимодальные и многоэкстремальные функции. Локальный и глобальный оптимум.
6. Методы безусловной оптимизации: общая характеристика.
7. Методы условной оптимизации: общая характеристика.
8. Методы одномерной оптимизации: аналитические и численные.
9. Метод дихотомии (половинного деления).
10. Метод золотого сечения.
11. Метод Фибоначчи.
12. Сравнительная эффективность методов одномерного поиска.
13. Методы многомерной оптимизации нулевого порядка (методы прямого поиска).
14. Метод Гаусса-Зейделя (покоординатного спуска).
15. Метод Хука-Дживса (метод конфигураций).
16. Метод Нелдера-Мида (деформируемого многогранника).
17. Градиентные методы первого порядка. Метод наискорейшего спуска.
18. Метод сопряженных градиентов.
19. Методы второго порядка. Метод Ньютона.
20. Проблема выбора начального приближения.

**Типовые вопросы для письменного опроса**
**(Раздел 2 – Прикладные задачи оптимизации тепловых процессов)**

1. Линейное программирование. Постановка задачи.
2. Симплекс-метод решения задач линейного программирования.
3. Транспортная задача в теплоэнергетике.
4. Нелинейное программирование. Особенности и методы решения.
5. Условная оптимизация. Метод множителей Лагранжа.
6. Динамическое программирование. Принцип оптимальности Беллмана.
7. Стохастические методы оптимизации. Метод Монте-Карло.
8. Генетические алгоритмы. Основные понятия и операторы.
9. Многокритериальная оптимизация. Понятие Парето-оптимальности.
10. Метод главного критерия. Метод аддитивной свертки.
11. Оптимизация режимов работы котельной установки.
12. Оптимизация распределения нагрузки между котлами.
13. Оптимизация параметров теплообменного аппарата.
14. Оптимизация температурного напора в теплообменнике.
15. Оптимизация поверхности теплообмена.
16. Оптимизация тепловой изоляции.
17. Оптимизация давления и температуры пара в цикле ПТУ.
18. Оптимизация степени регенерации в тепловой схеме ПТУ.
19. Оптимизация распределения нагрузки между энергоблоками ТЭС.
20. Технико-экономическая оптимизация. Приведенные затраты.

## 2.2. Формы промежуточной аттестации
### Семестр 1
### Типовые вопросы для подготовки к экзамену
### (Разделы 1 – 2)

1. Предмет и задачи курса. Роль оптимизации в повышении эффективности тепловых процессов.
2. Основные понятия оптимизации: целевая функция, варьируемые параметры, ограничения, область допустимых решений.
3. Классификация задач оптимизации (по размерности, по наличию ограничений, по характеру целевой функции).
4. Классификация методов оптимизации (детерминированные и стохастические, градиентные и безградиентные).
5. Локальный и глобальный экстремум. Проблема многоэкстремальности.
6. Выпуклые и вогнутые функции. Условия оптимальности.
7. Постановка задачи оптимизации теплового процесса. Этапы решения.
8. Методы одномерной оптимизации. Общая характеристика и область применения.
9. Аналитические методы одномерной оптимизации (необходимые и достаточные условия экстремума).
10. Численные методы одномерной оптимизации. Метод дихотомии.
11. Метод золотого сечения для одномерной оптимизации.
12. Метод Фибоначчи. Сравнение методов одномерного поиска.
13. Методы многомерной безусловной оптимизации. Классификация.
14. Методы нулевого порядка. Метод покоординатного спуска (Гаусса-Зейделя).
15. Метод Хука-Дживса (метод конфигураций).
16. Метод Нелдера-Мида (деформируемого многогранника).
17. Градиентные методы. Понятие градиента. Метод наискорейшего спуска.
18. Метод сопряженных градиентов. Особенности и преимущества.
19. Методы второго порядка. Метод Ньютона и его модификации.
20. Сравнительная характеристика градиентных методов.
21. Условная оптимизация. Постановка задачи. Методы штрафных функций.
22. Метод множителей Лагранжа для задач с ограничениями типа равенств.
23. Условия Куна-Таккера для задач с ограничениями-неравенствами.
24. Линейное программирование. Стандартная форма задачи линейного программирования.
25. Геометрическая интерпретация задачи линейного программирования.
26. Симплекс-метод решения задач линейного программирования.
27. Транспортная задача. Методы построения опорного плана.
28. Двойственные задачи в линейном программировании.
29. Нелинейное программирование. Особенности и методы решения.
30. Квадратичное программирование.
31. Динамическое программирование. Принцип оптимальности Беллмана.
32. Примеры применения динамического программирования в теплоэнергетике.
33. Стохастические методы оптимизации. Метод Монте-Карло.
34. Генетические алгоритмы. Основные понятия: популяция, хромосома, мутация, кроссовер.
35. Применение генетических алгоритмов для оптимизации тепловых схем.
36. Многокритериальная оптимизация. Проблема выбора при многих критериях.
37. Понятие Парето-оптимальности. Множество Парето.
38. Методы решения многокритериальных задач: метод главного критерия, метод аддитивной свертки.
39. Метод идеальной точки. Метод последовательных уступок.
40. Выбор критериев оптимизации в теплоэнергетике.
41. Технико-экономические критерии. Приведенные затраты.
42. Учет фактора времени. Дисконтирование.
43. Оптимизация режимов работы котельных установок.
44. Оптимизация распределения тепловой нагрузки между котлами.
45. Оптимизация параметров теплообменного оборудования.
46. Оптимизация температурного напора и поверхности теплообмена.
47. Оптимизация тепловой изоляции оборудования и трубопроводов.
48. Оптимизация начальных и конечных параметров пара в цикле ПТУ.
49. Оптимизация степени регенерации в тепловой схеме.
50. Оптимизация параметров промежуточного перегрева пара.
51. Оптимизация распределения электрической нагрузки между энергоблоками.
52. Оптимизация режимов работы ТЭЦ при комбинированной выработке энергии.
53. Оптимизация процессов горения топлива.
54. Оптимизация состава топливной смеси.
55. Оптимизация с учетом экологических ограничений (выбросы NOx, CO2).
56. Оптимизация систем теплоснабжения. Температурные графики.
57. Оптимизация режимов отпуска теплоты потребителям.

58. Оптимизация работы тепловых насосов.
59. Оптимизация систем утилизации вторичных энергоресурсов.
60. Использование программных комплексов (Ansys, MATLAB) для оптимизации.
61. Чувствительность оптимального решения. Анализ устойчивости.
62. Робастная оптимизация. Оптимизация в условиях неопределенности.
63. Современные тенденции в развитии методов оптимизации тепловых процессов.
64. Применение искусственного интеллекта и машинного обучения для оптимизации.
65. Цифровые двойники как инструмент оперативной оптимизации.

---

**Примерная структура билета**

САМАРСКИЙ ПОЛИТЕХ
Опорный университет

**Минобрнауки России**
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**
**«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙУНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра «Промышленная теплоэнергетика»

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

по дисциплине ***«Оптимизация тепловых процессов в технике и технологиях»***

1. Основные понятия оптимизации: целевая функция, варьируемые параметры, ограничения.
2. Метод золотого сечения для одномерной оптимизации.

Для направления 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Семестр 1

Составитель:
_____ Р.М. Мустафин
«____» _____ 20__ года

Заведующий кафедрой
_____ А.В. Еремин
«____» _____ 20__ года

Учебная дисциплина формирует компетенции в соответствии с табл. 3, процедура оценивания реализуется поэтапно:

1-й этап процедуры оценивания: оценивание уровня достижения каждого из запланированных результатов обучения – дескрипторов (знаний, умений, владений) в соответствии со шкалами и критериями, установленными картами компетенций ОПОП. Экспертной оценке преподавателя подлежит сформированность отдельных дескрипторов, для оценивания которых предназначена данная оценочная процедура текущего контроля и промежуточной аттестации согласно матрице соответствия оценочных средств результатам обучения.

2-й этап процедуры оценивания: интегральная оценка достижения обучающимся запланированных результатов обучения по итогам отдельных видов текущего контроля и промежуточной аттестации.