

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Факультет атомной энергетики и технологий  
Кафедра «Атомная энергетика»

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине «Математические методы экспериментальных исследований в  
теплоэнергетике и теплотехнологиях»

#### **Направления подготовки**

«13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника»

#### **Основная профессиональная образовательная программа**

«Промышленная теплоэнергетика»

#### **Квалификация выпускника**

Бакалавр

#### **Форма обучения**

Очная

Балаково

## Цель освоения дисциплины

Цель преподавания дисциплины: теоретическая и практическая подготовка выпускников по методам и алгоритмам численного решения базовых задач теплоэнергетики; подготовка выпускников к освоению пакетов прикладных программ для решения специальных задач и визуализации полученных результатов и анализа наблюдаемых процессов, и явлений.

Дисциплина изучается в соответствии с профессиональными стандартами:

- 24.083 Специалист-теплоэнергетик атомной станции;
- 24.009 Специалист по управлению проектами и программами в области производства электроэнергии атомными электростанциями.

## Место дисциплины в структуре ООП ВО

Изучение курса «Математические методы экспериментальных исследований в теплоэнергетике и теплотехнологиях» связано с необходимостью знаний основ математики, физики, информатики, широкое использование, которых не только даёт возможность наиболее точно выразить теоретические закономерности, но и является необходимым инструментом их установления.

Для освоения дисциплины «Математические методы экспериментальных исследований в теплоэнергетике и теплотехнологиях» необходимы знание, умение и владение материалом по предшествующим дисциплинам в соответствии с требованиями освоения следующих компетенций: математика; информационные технологии; физика.

При освоении данной дисциплины студент сможет частично продемонстрировать трудовые функции:

- А/01.6 Техническая поддержка эксплуатации оборудования, технологических систем, трубопроводов горячей воды и пара (ПС 24.083);
- А/02.6 Анализ технического состояния тепломеханического оборудования, технологических систем и трубопроводов (ПС 24.083);
- А/02.6 Организация работ по направлению деятельности проекта (ПС 24.009).

## Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В процессе освоения данной дисциплины у студента формируются следующие компетенции: универсальные

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	З-УК-1 Знать: методики сбора и обработки информации; актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности; метод системного анализа У-УК-1 Уметь: применять методики поиска, сбора и обработки информации; осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников В-УК-1 Владеть: методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; методикой системного подхода для решения поставленных задач
УКЕ-1	Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования,	З-УКЕ-1 знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования У-УКЕ-1 уметь: использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической статистики; решать типовые расчетные задачи В-УКЕ-1 владеть: методами математического анализа и модели-

	теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах	рования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами
УКЦ-2	Способен искать нужные источники информации и данные, воспринимать, анализировать, запоминать и передавать информацию с использованием цифровых средств, а также с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного использования полученной информации для решения задач	З-УКЦ-2 Знать: методики сбора и обработки информации с использованием цифровых средств, а также актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности, принципы, методы и средства решения стандартных задач профессиональной деятельности с использованием цифровых средств и с учетом основных требований информационной безопасности У-УКЦ-2 Уметь: применять методики поиска, сбора и обработки информации; с использованием цифровых средств, осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников, и решать стандартные задачи профессиональной деятельности с использованием цифровых средств и с учетом основных требований информационной безопасности В-УКЦ-2 Владеть: методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации с использованием цифровых средств для решения поставленных задач, навыками подготовки обзоров, аннотаций, составления рефератов, научных докладов, публикаций и библиографии по научно-исследовательской работе с использованием цифровых средств и с учетом требований информационной безопасности

профессиональные

Задачи профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
Сбор и анализ информационных исходных данных для проектирования	Тепловые и атомные электрические станции, реакторы и парогенераторы атомных электростанций, а также другое тепломеханическое оборудование согласно профессиональной деятельности; нормативно-техническая документация и системы стандартизации; системы диагностики и автоматизированного управления технологическими процессами в теплоэнергетике	ПК-1 Способен участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией	З-ПК-1 Знать: документы и стандарты организации в области проектной деятельности; принципы работы эксплуатируемого оборудования, трубопроводов и технологических систем турбинного отделения У-ПК-1 Уметь: работать с информационным пространством на сервере (веб-сервере) организации для хранения, обмена и совместного использования информации по проекту В-ПК-1 Владеть: методиками составления документации с описанием объема работ по направлению проекта; методами контроля ключевых показателей эффективности и качества по направлению проекта
Проведение теплотехнических расчетов оборудования соглас-	Тепловые и атомные электрические станции, реакторы и парогенераторы атомных	ПК-5 Способен проводить теплотехнические, гидравлические, проч-	З-ПК-5 Знать: требования нормативных правовых актов, нормативно-технических и методических документов для

но типовым методикам	электростанций, а также другое тепло-механическое оборудование согласно профессиональной деятельности; нормативно-техническая документация и системы стандартизации; системы диагностики и автоматизированного управления технологическими процессами в тепло-энергетике	ностные расчеты по типовым методикам	проведения типовых расчетов У-ПК-5 Уметь: выполнять расчеты по типовым методикам В-ПК-5 Владеть: информационно-коммуникационными технологиями, в том числе специализированным программным обеспечением для проведения расчетов
----------------------	--	--------------------------------------	--

### Задачи воспитания, реализуемые в рамках освоения дисциплины

В процессе освоения данной дисциплины реализуются следующие задачи воспитания:

Направление/цели	Создание условий, обеспечивающих	Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин	Вовлечение в разноплановую внеучебную деятельность
<b>Профессиональное воспитание</b>	- формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (В17)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно-технических секторах и фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое развитие и внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности ученого за результаты исследований и их последствия, развития исследовательских качеств посредством выполнения учебно-исследовательских заданий, ориентированных на изучение и проверку научных фактов, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисциплинарные научно-исследовательские проекты.	1.Организация научно-практических конференций, круглых столов, встреч с ведущими специалистами предприятий экономического сектора города по вопросам технологического лидерства России.
<b>Профессиональное воспитание</b>	- формирование навыков коммуникации, командной работы и лидерства (В20)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за	1. Организация научного подхода и чувства «Все в одной команде» через участие студентов в проведении круглых столов и семинаров. 2. Формирование вертикальных связей и

		<p>принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.</li> </ul>	формальных правил жизни при проведении студенческих конкурсов
--	--	---	---

### Структура и содержание учебной дисциплины

Дисциплина преподается студентам в 1-ом и 2 -ом семестрах. Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 ак. часа.

### Календарный план

1-семестр

№ Р а з д е л а	№ Т е м ы	Наименование раздела (темы) дисциплины	Виды учебной деятельности (в часах)					Аттестация раздела (форма)	Максимальный балл за раздел
			Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	СРС/КСР		
1	1	Принципы моделирования тепловых процессов	18	4	-	8	6		
	2	Общая характеристика методов моделирования теплотехнологических процессов	18	4	-	8	6	КЛ	25
2	3	Цели математического моделирования	18	4		8	6		
	4	Математические модели для расчета теплотехнологических характеристик теплоносителей	18	4		8	6	КЛ	25
<b>Вид промежуточной аттестации</b>			<b>72</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>32</b>	<b>24</b>	<b>3</b>	<b>50</b>

2-семестр

№ Р а з д е л а	№ Т е м ы	Наименование раздела (темы) дисциплины	Виды учебной деятельности (в часах)					Аттестация раздела (форма)	Максимальный балл за раздел
			Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	СРС/КСР		
1	1	Моделирование задач оптимизации в теплоэнергетике	36/4	8/2	-	8/2	20/9		
	2	Теория графического моделирования теплоэнергетических задач	36/4	8/2	-	8/2	20/9	КЛ	25
2	3	Математическое моделирование статистической обработки в теплоэнергетике	36/4	8/2	-	8/2	20/9	КЛ	25
	4	Математические методы обработки экспериментальных данных в теплоэнергетике	36/6	8/3	-	8/3	20/9		
<b>Вид промежуточной аттестации</b>			<b>180/9</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>32/9</b>	<b>80/36</b>	<b>Э</b>	<b>50</b>

\* - сокращенное наименование формы контроля

\*\* - сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращенное наименование форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КЛ	Коллоквиум
З	Зачет
Э	Экзамен

### Содержание лекционного курса

Темы лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Лекция 1. <i>Математическое моделирование оптимизационных задач.</i> 1.Примеры оптимизационных задач в расчетах оборудования и тепловых схем ТЭС и АЭС. Общая формулировка оптимизационной задачи. 2.Целевая функция. Примеры целевых функций. Линии уровня целевой функции. Графическое представление целевой функции.	4	1-6
Лекция 2. <i>Выбор оптимизационных параметров</i> 1.Оптимизируемые параметры. Ограничения. 2.Классификация задач и методов оптимизации. Методы одномерной оптимизации. 3.Стратегия поиска точки минимума. «Удачная» тройка чисел.	4	1-6

<p>Лекция 3. <i>Математические методы исследования и моделирования тепловых схем ТЭС и АЭС.</i></p> <p>1. Цели математического моделирования тепловых схем. Виды математических моделей тепловых схем. Иерархия математических моделей тепловых схем. Математическое моделирование термодинамических и теплофизических процессов.</p> <p>2. Оптимизация режимов работы оборудования ТЭС. Энергетические характеристики основного оборудования ТЭС. Распределение нагрузок между котло – и турбоагрегатами: постановка задачи. Выбор метода для решения задачи распределения нагрузок.</p>	4	1-6
<p>Лекция 4. <i>Математические модели расчета параметров теплоносителей</i></p> <p>1. Теплоносители и их выбор.</p> <p>2. Типовые параметры теплоносителей и их влияние на эффективность теплотехнологического процесса.</p> <p>3. Расчет оптимальных значений параметров</p>	4	1-6
<p>Лекция 5. <i>Моделирование задач оптимизации в теплоэнергетике</i></p> <p>1. Выбор математической модели</p> <p>2. Определение критериев оптимальности теплотехнологического процесса.</p> <p>3. определение теплотехнологических параметров.</p>	8	1-6
<p>Лекция 6. <i>Графическое моделирование.</i></p> <p>1. Элементы теории графов: основные понятия и определения.</p> <p>2. Система сетевого планирования и управления. Элементы сетевой графической модели: работы, события, правила построения сетевых графиков, критический путь, резервы событий и работ. Построение сетевого графа. Методика решения сетевого графа. Построение масштабного сетевого графика, построение графика распределения ресурсов. Оптимизация графика распределения ресурсов по различным критериям.</p> <p>3. Методика определения кратчайшего пути на графе. Использование методов целочисленного программирования в задачах сетевого планирования и оптимального резервирования энергетического оборудования.</p>	8	1-6
<p>Лекция 7. <i>Математическое моделирование оптимизационных задач.</i></p> <p>1. Примеры оптимизационных задач в расчетах оборудования и тепловых схем ТЭС и АЭС. Общая формулировка оптимизационной задачи.</p> <p>2. Целевая функция. Примеры целевых функций. Линии уровня целевой функции. Графическое представление целевой функции.</p> <p>3. Оптимизируемые параметры. Ограничения. Классификация задач и методов оптимизации. Методы одномерной оптимизации. Стратегия поиска точки минимума. «Удачная» тройка чисел.</p>	8	1-6
<p>Лекция 8. <i>Математические методы исследования и моделирования тепловых схем ТЭС и АЭС.</i></p> <p>1. Цели математического моделирования тепловых схем. Виды математических моделей тепловых схем. Иерархия математических моделей тепловых схем. Математическое моделирование термодинамических и теплофизических процессов.</p> <p>2. Оптимизация режимов работы оборудования ТЭС. Энергетические характеристики основного оборудования ТЭС.</p> <p>3. Распределение нагрузок между котло – и турбоагрегатами: постановка задачи. Выбор метода для решения задачи распределения нагрузок.</p>	8	1-6

## Перечень практических занятий

Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
Правила округления	8	1-6
Виды алгоритмов.	8	1-6
Примеры расчета классических алгоритмов	8	1-6
Численные методы одномерной минимизации	8	1-6
Расчет оптимальных режимов работы паротурбинных ТЭЦ с использованием математического моделирования	8	1-6
Расчет оптимальных режимов работы газотурбинных ТЭЦ с использованием математического моделирования	8	1-6
Теория графов. Основы СПУ.	8	1-6
Примеры расчета сетевых графиков	8	1-6

## Задания для самостоятельной работы студентов

Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
Аппроксимация функций. Численное интегрирование функций.	13	1-6
Аппроксимация функций. Численное дифференцирование функций.	13	1-6
Машина Тьюринга. Примеры классических алгоритмов.	13	1-6
Алгоритмы Маркова	13	1-6
Погрешности отдельных методов.	13	1-6
Графическая иллюстрация методов и алгоритмы расчета.	13	1-6
Метод относительных приростов. Симплекс-метод в оптимизации режимов работы ТЭС.	13	1-6
Задача о минимальном остоле (покрытии).	13	1-6
Контроль	36	

## Образовательные технологии

При реализации учебного материала курса используются различные образовательные технологии, способствующие созданию атмосферы свободной и творческой дискуссии как между преподавателем и студентами, так и в студенческой группе. Целью при этом является выработка у студентов навыков и компетенций, позволяющих самостоятельно вести исследовательскую и научно-педагогическую работу.

Практическая подготовка при реализации учебной дисциплины организуется путем проведения практических занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка также включает в себя занятия лекционного типа, которые предусматривают передачу учебной информации обучающимся, необходимой для последующего выполнения работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Аудиторные занятия проводятся в виде лекций в аудиториях с использованием ПК и компьютерного проектора, практических занятий, с использованием ПК при проведении расчетов. Самостоятельная работа студентов проводится под руководством преподавателей, с оказанием консультаций и помощи при подготовке к контрольным работам, выполнении домашних заданий.



## Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

№ п/п	Наименование контролируемых разделов (темы)	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Наименование оценочного средства
Входной контроль			
1	Входной контроль		Вопросы входного контроля
Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости			
2	Моделирование технических задач	ПК-1, ПК-5, УК-1, УКЕ-1, УКЦ-2	Задание
3	Моделирование задач оптимизации	ПК-1, ПК-5, УК-1, УКЕ-1, УКЦ-2	Коллоквиум
Промежуточная аттестация			
4	Экзамен	ПК-1, ПК-5, УК-1, УКЕ-1, УКЦ-2	Вопросы к экзамену
5	Зачет	ПК-1, ПК-5, УК-1, УКЕ-1, УКЦ-2	Вопросы к зачету

Входной контроль предназначен для выявления пробелов в знаниях студентов и готовности их к получению новых знаний.

### Вопросы входного контроля.

1. Непрерывная функция
2. Производная функция
3. Дифференцирование некоторых элементов функций
4. Дифференциал
5. Пределы
6. Способы задания функции
7. Частные производные
8. Основные единицы измерения системы СИ
9. Плотность вещества
10. Понятие давления
11. Понятие температуры
12. Внутренняя энергия
13. Температурная шкала Цельсия и Кельвина
14. Законы сохранения энергии, массы, количества движения
15. Механическая энергия
16. Теория алгоритмов

### Вопросы к промежуточному тестированию

#### Коллоквиум №1

1. Отметьте правильный ответ

Понятие алгоритма определяется как...

1. формально описанная процедура преобразования входных данных, в выходные данные, представляющие собой искомый результат
2. последовательность итерационных шагов, приводящих к получению результата
3. последовательность преобразований над данными заданного типа, приводящая к изменению их типа

4. описанный перечень предписаний по увеличению значения результата вычислений

2. Отметьте правильный ответ

Наиболее наглядным способом записи алгоритма является

1. изображение в виде последовательно блоков, каждый из которых предписывает выполнение определенных действий
2. описание последовательности шагов
3. описание функциональных зависимостей между данными, предписывающих выполнение определенных действий
4. описание действий с помощью условных обозначений

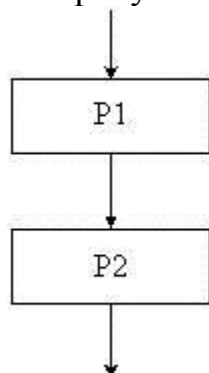
3.Отметьте правильный ответ

Ветвление обязательно должно содержать

1. условие и оператор, выполняемый в случае истинности условия
2. оператор, выполняемый в случае истинности условия и оператор, выполняемый в случае ложности условия
3. оператор, выполняемый в случае ложности условия
4. только условие

4.Отметьте правильный ответ

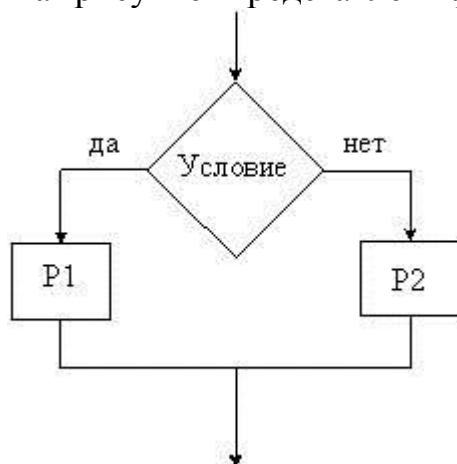
На рисунке представлен фрагмент алгоритма, имеющий \_\_\_\_\_ структуру.



1. линейную
2. разветвляющуюся
3. циклическую с предусловием
4. циклическую с постусловием

5.Отметьте правильный ответ

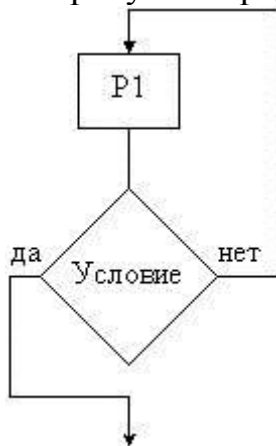
На рисунке представлен фрагмент алгоритма, имеющий \_\_\_\_\_ структуру.



1. разветвляющуюся
2. линейную
3. циклическую с предусловием
4. циклическую с постусловием

6.Отметьте правильный ответ

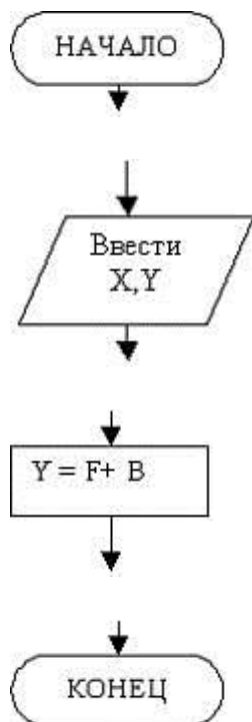
На рисунке представлен фрагмент алгоритма, имеющий \_\_\_\_\_ структуру.



1. циклическую с постусловием
2. линейную
3. разветвляющуюся
4. циклическую с предусловием

7.Отметьте правильный ответ

На рисунке в блок-схеме отсутствует графический блок ...



1. условия
2. начала алгоритма
3. ввода или вывода
4. действия

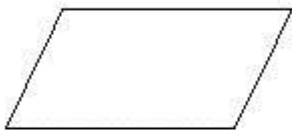
8.Отметьте правильный ответ

Деятельность, направленная на обнаружение и исправление ошибок в программной системе называется ...

1. отладкой
2. тестированием
3. рефакторингом
4. демонстрацией

9.Отметьте правильный ответ

Символом



обозначается ...

1. ввод/вывод данных
2. начало программы
3. конец программы
4. условный оператор

10. Отметьте правильный ответ

Символом



обозначается...

1. начало алгоритма
2. ввод/вывод данных
3. конец программы
4. условный оператор

**Вопросы к промежуточному тестированию**

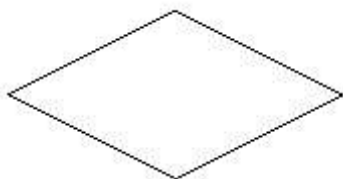
**Коллоквиум №2**

1. Отметьте правильный ответ

Оператор ветвления на блок схеме отображается в виде

1. ромба
2. прямоугольника
3. параллелепипеда
4. совокупности блоков

2. Отметьте правильный ответ

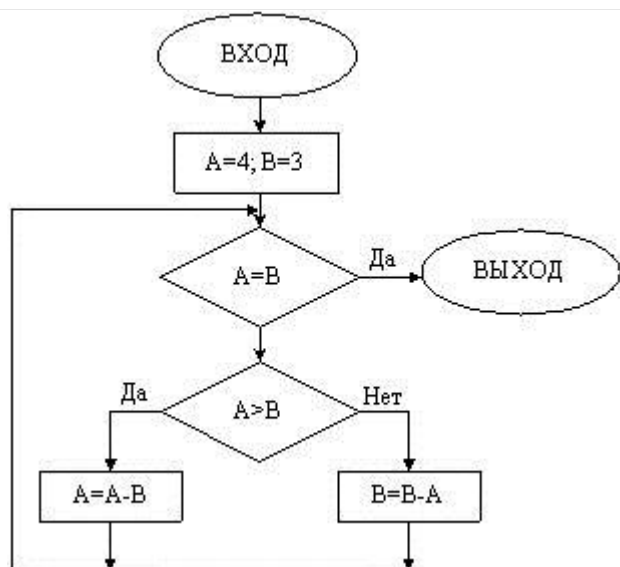


В блок схеме, внутри данного символа можно написать:

1. условие
2. ввод/вывод данных
3. конец алгоритма
4. начало алгоритма

3. Отметьте правильный ответ

В результате работы блок-схемы алгоритма



А и В примут следующие значения ...

1. A=1, B=1
2. A=4, B=3
3. A=0, B=0
4. A=3, B=3

#### 4. Отметьте правильный ответ

Если задан тип данных, то известной является информация о

1. диапазоне возможных значений
2. начальном значении
3. количестве обращений к данным
4. способе обработки

#### 5. Отметьте правильный ответ

На этапе отладки программы

1. проверяется корректность работы программы
2. строится математическая модель решаемой задачи
3. определяется состав входных данных
4. выполняется анализ физических характеристик

#### 6. Отметьте правильный ответ

Методом решения задач, при котором объекты разного рода объединяются общим понятием (концепцией), а затем сгруппированные сущности рассматриваются как элементы единой категории, является...

1. абстрагирование
2. декомпозиция
3. индукция

#### 7. Отметьте правильный ответ

Программа – это ...

1. алгоритм, записанный на языке программирования
2. протокол взаимодействия компонентов компьютерной сети
3. набор команд операционной системы компьютера
4. законченное минимальное смысловое выражение на языке программирования

#### 8. Отметьте правильный ответ

Многократное исполнение одного и того же участка программы называется ...

1. циклическим процессом
2. рекурсией
3. обращением к подпрограмме

**Вопросы к зачету**

1. Что называют математической моделью.
2. Требования к математической модели.
3. Что такое математический эксперимент.
4. Погрешности математического эксперимента.
5. Этапы исследования с помощью математического эксперимента.
6. Суть метода конечных разностей.
7. Основные способы составления разностных схем в теплоэнергетике.
8. Математическая формулировка нестационарной задачи расчета теплового состояния элемента теплотехнического устройства в теплоэнергетике.
9. Суть численного метода расчета теплового состояния элемента теплотехнического устройства в теплоэнергетике.
10. Расчет граничных условий на основе уравнений подобия в теплотехнике.
11. Привести примеры оптимизационных задач в расчетах оборудования в теплоэнергетике.
12. Что такое целевая функция.
13. Графическое представление целевой функции.
14. Оптимизируемые параметры в теплоэнергетике.
15. Классификация задач и методов оптимизации.
16. Перечислите методы одномерной оптимизации.
17. Стратегия поиска точки минимума.
18. Цели математического моделирования тепловых схем.
19. Виды математических моделей тепловых схем.
20. Иерархия математических моделей тепловых схем.
21. Математическое моделирование термодинамических процессов.
22. Математическое моделирование теплофизических процессов.
23. Оптимизация режимов работы оборудования ТЭС.
24. Энергетические характеристики основного оборудования ТЭС.
25. Выбор метода для решения задачи распределения нагрузок.

**Вопросы к экзамену**

1. Примеры оптимизационных задач в расчетах оборудования и тепловых схем ТЭС и АЭС.
2. Общая формулировка оптимизационной задачи.
3. Целевая функция. Примеры целевых функций.
4. Линии уровня целевой функции.
5. Графическое представление целевой функции. Оптимизируемые параметры. Ограничения.
6. Классификация задач и методов оптимизации.
7. Методы одномерной оптимизации.
8. Стратегия поиска точки минимума.
9. «Удачная» тройка чисел.
10. Цели математического моделирования тепловых схем.
11. Виды математических моделей тепловых схем.
12. Иерархия математических моделей тепловых схем.
13. Математическое моделирование термодинамических и теплофизических процессов.
14. Оптимизация режимов работы оборудования ТЭС.
15. Энергетические характеристики основного оборудования ТЭС.
16. Распределение нагрузок между котло - и турбоагрегатами: постановка задачи.

17. Выбор метода для решения задачи распределения нагрузок.
18. Элементы теории графов: основные понятия и определения.
19. Система сетевого планирования и управления.
20. Элементы сетевой графической модели: работы, события, правила построения сетевых графов, критический путь, резервы событий и работ.
21. Построение сетевого графа.
22. Методика решения сетевого графа.
23. Построение масштабного сетевого графика, построение графика распределения ресурсов.
24. Оптимизация графика распределения ресурсов по различным критериям.
25. Методика определения кратчайшего пути на графе.
26. Использование методов целочисленного программирования в задачах сетевого планирования и оптимального резервирования энергетического оборудования.

## Шкалы оценки образовательных достижений

### Экзамен

Баллы (рейтинговой оценки)	Оценка экзамена (баллы за от- веты на экза- мене)	Требования к знаниям
90-100	«отлично»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач. Записывает расчетные формулы, объясняет их значение, перечисляет основные законы, записывает математические выражения основных законов.
70-89	«хорошо»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
60-69	«удовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
0-59	«неудовлетворительно»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Оценка знаний на зачете и начисление баллов производится в соответствии со следующей таблицей

Сумма баллов	Требования к знаниям на зачете
40 ÷ 50	выставляется студенту, если он полно, грамотно и без ошибок ответил на все

	вопросы, в том числе и дополнительные
30 ÷ 39	выставляется студенту, если он без существенных ошибок ответил на все вопросы, однако допускал отдельные неточности или не демонстрировал достаточно глубокого знания материала
20 ÷ 29	выставляется студенту, если он в ответах на вопросы продемонстрировал только знание основного материала, допускал существенные неточности в ответах, недостаточно технически грамотно формулировал ответы
менее 19	выставляется студенту, если допускал неправильные ответы на поставленные вопросы или не смог ответить на часть вопросов, не смог подтвердить знание значительной части материала.

Итоговая оценка представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля и выставляется в соответствии с Положением о кредитно-модульной системе в соответствии со следующей шкалой:

Итоговая оценка	Сумма баллов за разделы и зачет	Оценка ECTS
«зачтено»	90-100	A
	85-89	B
	75-84	C
	70-74	D
	65-69	
	60-64	E
«не зачтено»	Менее 60	F

## Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

Основная литература:

1. Пышнограй, Г. В. Математическое моделирование : учебное пособие / Г. В. Пышнограй, Л. М. Бронникова. — Барнаул : АлтГПУ, 2015. — 187 с. <https://e.lanbook.com/book/112167>

2. Семенов, Б. А. Инженерный эксперимент в промышленной теплотехнике, теплоэнергетике и теплотехнологиях : учебное пособие / Б. А. Семенов. — 2-е изд., доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 400 с. <https://e.lanbook.com/book/5107>

Дополнительная литература:

3. Ведрученко, В. Р. Инженерный эксперимент : учебное пособие / В. Р. Ведрученко, В. В. Крайнов, Н. В. Жданов. — Омск : ОмГУПС, 2014. — 129 с. <https://e.lanbook.com/book/129138>

4. Математическое моделирование. Практикум : учебное пособие / Л. А. Коробова, Ю. В. Бугаев, С. Н. Черняева, Ю. А. Сафонова. — Воронеж : ВГУИТ, 2017. — 112 с. <https://e.lanbook.com/book/106788>

5. Онохин, Д. А. Исследование теплоотдачи в циклонной камере : учебное пособие / Д. А. Онохин ; под редакцией Э. Н. Сабурова. — Архангельск : САФУ, 2018. — 123 с. <https://e.lanbook.com/book/161804>

6. Органический цикл Ренкина в автономной теплоэнергетической системе : монография / А. А. Кишкин, О. В. Шилкин, А. В. Делков [и др.]. — Красноярск : СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2019. — 234 с. <https://e.lanbook.com/book/147625>

## Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Лекционные занятия по дисциплине проводятся в мультимедийной аудитории. Реализация компетентного подхода в процессе изучения дисциплины предполагает организацию интерактивных занятий. Интерактивные занятия проводятся в виде лабораторных занятий, во время которых обучающиеся в непосредственном контакте с преподавателем осваивают практические навыки проведения экспериментальных исследований.



## **Учебно-методические рекомендации для студентов**

### **1. Указания для прослушивания лекций**

Перед началом занятий внимательно ознакомиться с учебным планом проведения лекций и списком рекомендованной литературы.

Перед посещением очередной лекции освежить в памяти основные концепции пройденного ранее материала. Подготовить при необходимости вопросы преподавателю. Не надо опасаться, что вопросы могут быть простыми.

На лекции основное внимание следует уделять не формулам и математическим выкладкам, а содержанию изучаемых вопросов, определениям и постановкам задач.

В процессе изучения лекционного курса необходимо по возможности часто возвращаться к основным понятиям и методам решения задач (здесь возможен выборочный контроль знаний студентов).

Желательно использовать конспекты лекций, в которых используется принятая преподавателем система обозначений.

Для более подробного изучения курса следует работать с рекомендованными литературными источниками и вновь появляющимися источниками.

### **2. Указания для участия в практических занятиях**

Перед посещением уяснить тему практического занятия и самостоятельно изучить теоретические вопросы.

Получить у преподавателя задание на выполнение практического задания, как правило это решение задачи по пройденному лекционному материалу. Решение задачи оформить письменно или выполнить с использованием компьютера и при необходимости распечатать и сдать преподавателю на проверку.

Перед посещением уяснить тему практического занятия и самостоятельно изучить теоретические вопросы.

В конце занятия при необходимости выяснить у преподавателя неясные вопросы.

Основные результаты выполнения работы необходимо распечатать.

### **3. Указания для выполнения самостоятельной работы**

Получить у преподавателя задание и список рекомендованной литературы. Изучение теоретических вопросов следует проводить по возможности самостоятельно, но при затруднениях обращаться к преподавателю.

Подготовить письменный отчет о проделанной работе.

При выполнении фронтальных заданий по усмотрению преподавателя работа может быть оценена без письменного отчета на основе ответов на контрольные вопросы, при условии активной самостоятельной работы.

Подготовить ответы на контрольные вопросы.

Таким образом, самостоятельная работа студентов является необходимым компонентом получения полноценного высшего образования.

## **Методические рекомендации для преподавателей**

### **1. Указания для проведения лекций**

На первой вводной лекции сделать общий обзор содержания курса и отметить новые методы и подходы к решению задач, рассматриваемых в курсе, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

При подготовке к лекционным занятиям необходимо продумать план его проведения, содержание вступительной, основной и заключительной части лекции, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия. Уточнить план проведения семинарского занятия по теме лекции. Перед изложением текущего лек-

ционного материала напомнить об основных итогах, достигнутых на предыдущих лекциях. С этой целью задать несколько вопросов аудитории и осуществить выборочный контроль знания студентов.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия. Раскрывая содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов.

Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя, категориальный аппарат. В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного практического занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к семинару. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на семинаре с докладами и рефератами.

На последней лекции уделить время для обзора наиболее важных положений, рассмотренных в курсе.

## 2. Указания для проведения практических занятий

Подготовить теоретические вопросы или задачи, которые должны выполнить студенты вовремя практического занятия. Подготовить список литературных источников, необходимых для выполнения задания и которые студенты могут получить в библиотеке института. Подготовить перечень интернет-ресурсов, которые помогут в выполнении практического задания. После получения отчет выполнить проверку и на следующем практическом занятии разобрать допущенные ошибки и подсказать, как их необходимо устранить.

Четко обозначить тему занятия.

Обсудить основные понятия, связанные с темой.

В процессе решения задач вести дискуссию со студентами о правильности применения теоретических знаний.

Отмечать студентов, наиболее активно участвующих в решении задач и дискуссиях.

В конце практики задать аудитории несколько контрольных вопросов.

## 3. Указания по контролю самостоятельной работы студентов

По усмотрению преподавателя задание на самостоятельную работу может быть индивидуальным или фронтальным.

При использовании индивидуальных заданий требовать от студента письменный отчет о проделанной работе.

При применении фронтальных заданий вести коллективные обсуждения со студентами основных теоретических положений.

С целью контроля качества выполнения самостоятельной работы требовать индивидуальные отчеты (допустимо вместо письменного отчета применять индивидуальные контрольные вопросы).

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС НИЯУ МИФИ и учебным планом основной образовательной программы

Рабочую программу составил: доцент Устинов Н.А.

Рецензент: доцент Костин Д.А.

Программа одобрена на заседании УМКН 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника.

Председатель учебно-методической комиссии Разуваев А.В.