

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 «Физико-химические основы водоподготовки»

**Направления подготовки**

«13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника»

**Основная профессиональная образовательная программа**

«Промышленная теплоэнергетика»

**Квалификация выпускника**

Бакалавр

**Форма обучения**

Очная

## Цель освоения дисциплины

Целью дисциплины является изучение технологии очистки теплоносителя и обеспечения оптимального водно-химического режима на ТЭС и АЭС.

Задачами дисциплины являются

- ✓ познакомить обучающихся с технологическими процессами при подготовке добавочной воды на ТЭС и АЭС;
- ✓ познакомить обучающихся с современными методами исследования свойств теплоносителя на ТЭС и АЭС;
- ✓ дать информацию об организации оптимальных водно-химических режимов на ТЭС и АЭС;
- ✓ научить принимать и обосновывать конкретные технические решения при последующем проектировании и эксплуатации установок по очистке добавочной воды и обеспечению оптимального водно-химического режима на ТЭС и АЭС.

Профессиональные стандарты:

- 24.083 Специалист-теплоэнергетик атомной станции;
- 24.009 Специалист по управлению проектами и программами в области производства электроэнергии атомными станциями;
- 24.001 Работник по оперативному управлению объектами тепловой электростанции;
- 20.014. Работник по организации эксплуатации тепломеханического оборудования тепловой электростанции.

## Место дисциплины в структуре ООП ВО

Изучение курса «Физико-химические основы водоподготовки» связано с необходимостью знаний основ математики, химии, технической термодинамики, экологии, широкое использование, которых не только даёт возможность наиболее точно выразить теоретические закономерности, но и является необходимым инструментом их установления.

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 Организация работ по направлению деятельности проекта (ПС 24.009);
- А/02.6 Анализ технического состояния тепломеханического оборудования, технологических систем и трубопроводов (ПС 24.083);
- В/05.6. Проведение профилактических мероприятий по предотвращению нарушений в работе оборудования ТЭС, аварий и пожаров (ПС 20.001);
- В/01.6. Разработка инструкций, стандартов и регламентов деятельности по эксплуатации тепломеханического оборудования ТЭС (ПС 20.014);
- В/05.6. Ликвидация аварий и восстановление нормального режима функционирования тепломеханического оборудования ТЭС ( ПС 20.014).

## Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

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

Задачи профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
Сбор и анализ информации-	Тепловые и атомные электрические	ПК-1 способен участвовать в сборе	З-ПК-1 Знать: документы и стандарты организации в области про-

ных исходных данных для проектирования	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	и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией	ектной 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.
Организация рабочих мест, их техническое оснащение, размещение технологического оборудования; контроль соблюдения технологической дисциплины	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-6 Способен обеспечивать соблюдение правил техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности, норм охраны труда, производственной и трудовой дисциплины	З-ПК-6 Знать: основы организации производства, труда и управления; нормы техники безопасности и производственной санитарии, пожарной безопасности и охраны труда У-ПК-6 Уметь: применять методы оптимизации планирования рабочего времени, расхода материалов, энергии и топлив с учетом требований безопасности В-ПК-6 Владеть: навыками организации производства работ с соблюдением правил безопасности

### 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.	1. Организация научно-практических конференций, круглых столов, встреч с ведущими специалистами предприятий экономического сектора города по вопросам технологического лидерства России.

		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.	
<b>Профессиональное воспитание</b>	- формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения <b>(В18)</b>	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.	1.Организация научно-практических конференций, круглых столов, встреч с ведущими специалистами предприятий экономического сектора города по вопросам технологического лидерства России. 2. Участие в подготовке публикаций в высокорейтинговых рецензируемых научных изданиях

### Структура и содержание учебной дисциплины

Дисциплина преподается студентам в 3-ем семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 ак. часов.

### Календарный план

№ Р а з д е л а	№ Т е м ы	Наименование раздела (темы) дисциплины	Виды учебной деятельности (в часах)					Атте-ста-ция раз-дела (фор-ма*)	Макси-маль-ный балл за раз-дел**
			Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	СРС/КРС		
1	1	Общая характеристика воды и водоподготовка. Основные показатели качества воды.	16	2			14	Кл-1	25
	2	Предварительная очистка воды	18	2		4	12		
	3	Водно-химический режим тепло-технического оборудования	18/2	2		4/2	12		
2	4	Процессы коррозии металлов	20/2	4		4/2	12	Кл-2	25
	5	Физико-химические основы поведения примесей в водном теплоносителе	20	4		4	12		
	6	Промышленные сточные воды	16	2			14		
<b>Вид промежуточной аттестации</b>			<b>108/4</b>	<b>16</b>		<b>16/4</b>	<b>76</b>	<b>3</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

### Содержание лекционного курса

Темы лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
<i>Лекция 1. Общая характеристика воды и водоподготовка. Основные показатели качества воды. Жесткость, щелочность, рН, окисляемость, концентрация ионов, концентрация грубодисперсных примесей, сухой остаток, прокаленный остаток. Естественный химический состав поверхностных и подземных природных вод.</i>	2	1-5
<i>Лекция 2. Предварительная очистка воды. Принципиальные технологические схемы установок для обработки воды методами осаждения. Пленочное и объемное фильтрование, механизм задержания грубодисперсных примесей. Работа насыпных и намывных сорбционных фильтров. Требования, предъявляемые к фильтрующим материалам для фильтров насыпного и намывного типа.</i>	2	1-5
<i>Лекция 3-4. Водно-химический режим теплотехнического оборудования. Воднохимические режимы (ВХР) теплотехнических объектов. Основные задачи ВХР. Пути поступления примесей в циклы паротурбинной установки. Поведение примесей водного теплоносителя в пароводяном тракте.</i>	2	1-5
<i>Лекция 5-6. Процессы коррозии металлов. Виды коррозионных процессов. Химическая и электрохимическая коррозия. Виды коррозионных повреждений различных сталей и сплавов. Характеристика основных методов защиты металла при эксплуатации и простоях оборудования, выбор типа водно-химического режима.</i>	4	1-5
<i>Лекция 7-8. Физико-химические основы поведения примесей в водном теплоносителе. Основные физико-химические процессы, протекающие в водном теплоносителе. Изменение свойств воды. Выделение твердой фазы в форме накипи и шлама.</i>	4	1-5
<i>Лекция 9. Промышленные сточные воды. Классификация промышленных сточных вод. Особенности их очистки. Методы очистки промышленных стоков от нефтепродуктов.</i>	2	1-5

### Перечень практических занятий

Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
Химический контроль рабочей среды технологических контуров. Система химико-технологического мониторинга для теплоэнергетических объектов.	8	1-5
Химическая защита теплоэнергетического оборудования. Условия применения.	8	1-5

## Перечень лабораторных работ - не предусмотрены учебным планом

### Задания для самостоятельной работы студентов

Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Всего часов	Учебно- методическое обеспечение
1	2	3
<i>Предварительная очистка воды.</i> Удаление грубодисперсных и коллоидных примесей из природных вод. Физико-химические основы коагуляции природной воды. Изменение химического состава воды при коагуляции. Принципиальные технологические схемы коагуляционных установок. Химические реакции, протекающие при известковании воды. Применяемые реагенты. Процесс известкования. Расчет дозы извести. Принцип работы осветлителя. Поведение взвешенного слоя в осветлителе.	16	1-5
<i>Водно-химический режим теплотехнического оборудования.</i> Нормы качества технологических вод: добавочной (обработанной ) воды, прямой и обратной воды теплосети, котловой воды и пара паровых котлов. Методы поддержания ВХР.	15	1-5
<i>Процессы коррозии металлов.</i> Основы коррозионных процессов на оборудовании районных тепловых станций (РТС) и квартальных котельных. Химическая защита теплоэнергетического оборудования. Условия применения. Химические материалы.	15	1-5
<i>Физико-химические основы поведения примесей в водном теплоносителе.</i> Основные физико-химические процессы, протекающие в водном теплоносителе. Изменение свойств воды. Выделение твердой фазы в форме накипи и шлама.	15	1-5
<i>Промышленные сточные воды.</i> Методы обработки вод после консервации оборудования и кислотной очистки. Пути сокращения протокатов.	15	1-5

### Расчетно-графическая работа не предусмотрена учебным планом

### Курсовая работа не предусмотрена учебным планом

#### 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 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
<b>Входной контроль</b>			
1	Входной контроль		Вопросы входного контроля (устно)
<b>Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости</b>			
1	Раздел 1	З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6,	Коллоквиум 1
2	Раздел 2	З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6,	Коллоквиум 2
<b>Промежуточная аттестация</b>			
1	Зачет	З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6,	Вопросы к зачету (письменно)

Оценочные средства для входного контроля представляют собой вопросы, которые задаются студентам в устной форме.

В качестве оценочного средства текущего контроля используется комплект разноуровневых задач по вариантам.

В качестве оценочного средства аттестации раздела используется коллоквиум.

Для промежуточной аттестации предусмотрены вопросы к зачету.

По итогам обучения выставляется зачет.

### Вопросы входного контроля

1. В чем отличие свойств жидкости от твердых и газообразных тел.
2. Дать понятие о плотности, удельном весе, сжимаемости тел.
3. Дать понятие о плотности, температурном расширении, вязкости.
4. Сформулировать 1 и 2 законы Ньютона.
5. Сформулировать 3 закон Ньютона.
6. Дать понятие о силах инерции и их проявлении
7. Сформулировать закон Архимеда.
8. Что такое число Рейнольдса? Что оно характеризует?

### Оценочные средства текущего контроля

Текущий контроль проводится по каждой теме практического занятия с целью определения уровня самостоятельной работы студента над учебными материалами дисциплины. Результаты текущего контроля влияют на рейтинг студента. Проводится по результатам выполнения и защиты практических занятий, на основании решения студентами самостоятельных работ и контрольных работ студентами заочной формы обучения.

#### Вопросы к Коллоквиуму 1.

1. Жесткость, щелочность, рН, окисляемость, концентрация ионов, концентрация грубодисперсных примесей, сухой остаток, прокаленный остаток.
2. Естественный химический состав поверхностных и подземных природных вод.
3. Принципиальные технологические схемы установок для обработки воды методами осаждения.

4. Пленочное и объемное фильтрование, механизм задержания грубодисперсных примесей.
5. Работа насыпных и намывных сорбционных фильтров.
6. Требования, предъявляемые к фильтрующим материалам для фильтров насыпного и намывного типа.
7. Воднохимические режимы (ВХР) теплотехнических объектов.
8. Основные задачи ВХР.
9. Пути поступления примесей в циклы паротурбинной установки.
10. Поведение примесей водного теплоносителя в пароводяном тракте.

### Вопросы к Коллоквиуму 2.

1. Виды коррозионных процессов.
2. Химическая и электрохимическая коррозия.
3. Виды коррозионных повреждений различных сталей и сплавов.
4. Характеристика основных методов защиты металла при эксплуатации и простоях оборудования, выбор типа водно-химического режима.
5. Основные физико-химические процессы, протекающие в водном теплоносителе.
6. Изменение свойств воды.
7. Выделение твердой фазы в форме накипи и шлама.
8. Классификация промышленных сточных вод.
9. Особенности их очистки.
10. Методы очистки промышленных стоков от нефтепродуктов.

### Шкала оценивания коллоквиума

«Зачтено»	Теоретический вопрос рассмотрен в полном объеме. Студент может дать поясняющие комментарии.
«Не зачтено»	Теоретический вопрос рассмотрен не в полном объеме. Студент не может дать поясняющие комментарии.

### Контрольная работа

Контрольная работа представляет собой решение студентами разноуровневых задач.

Задача 1. Определить производительность ВПУ для КЭС, работающей на твердом топливе, мощностью 2400 МВт при удельном расходе пара 3 т/МВт для блоков сверхкритического давления.

Задача 2. Определить производительность ВПУ для промышленной ТЭЦ, сжигающей 400 т/ч мазута. Суммарная паропроизводительность барабанных котлов ТЭЦ равна 1840 т/ч. Продувка котлов – 1 %. На производство передается 110 т/ч пара. Возврат конденсата составляет 70 т/ч.

Задача 3. Определить производительность ВПУ для подпитки закрытой тепловой сети на ТЭЦ мощностью 720 МВт (2 × Т-250/300-23,5-2 и 2 × Т- 110/120-12,8-5).

Задача 4. Определить производительность ВПУ для ГРЭС (3 × К-800-23,5-5 и 2 × К-500-23,5-4), работающей на твердом топливе, при удельном расходе пара, равном 3,5 т/Мвт.

Задача 5. Определить производительность ВПУ для ТЭЦ, работающей на газе. Суммарная паропроизводительность барабанных котлов ТЭЦ равна 1260 т/ч. Продувка котлов составляет 1,5 %. Внешние потери рабочего тела составляют 20 т/ч.

Задача 6. Определить производительность ВПУ для ГРЭС мощностью 2900 МВт, сжигающей 680 т/ч мазута. Удельный расход пара 3 т/МВт.

Задача 7. Определить производительность ВПУ для промышленной ТЭЦ (условия задачи 2) при применении термической схемы обессоливания (многоступенчатой испарительной установки).

Задача 8. Определит производительность ВПУ для подпитки закрытой тепловой сети с транзитными магистралями на ТЭЦ, суммарная тепловая мощность отборов которой составляет 1028



Мвт.

### Шкала оценивания контрольной работы

«Зачтено»	Текст условия задачи приведен полностью. Работа выполнена на одной стороне листа. Решение задачи ведется поэтапно, с пояснением каждого хода решения. Перед вычислением искомых величин вначале дана расчетная формула в буквенном выражении, затем подставлены численные значения всех входящих в нее параметров. При решении задачи соблюдается единство размерностей величин, входящих в ту или иную зависимость.
«Не зачтено»	Текст условия задачи приведен неполностью. Отсутствует поэтапное решение задачи. Студент не может пояснить хода решения. При решении задачи не соблюдено единство размерностей величин, входящих в ту или иную зависимость.

### Вопросы к зачету

1. Жесткость, щелочность, рН, окисляемость, концентрация ионов, концентрация грубодисперсных примесей, сухой остаток, прокаленный остаток.
2. Естественный химический состав поверхностных и подземных природных вод.
3. Принципиальные технологические схемы установок для обработки воды методами осаждения.
4. Пленочное и объемное фильтрование, механизм задержания грубодисперсных примесей.
5. Работа насыпных и намывных сорбционных фильтров.
6. Требования, предъявляемые к фильтрующим материалам для фильтров насыпного и намывного типа.
7. Воднохимические режимы (ВХР) теплотехнических объектов.
8. Основные задачи ВХР.
9. Пути поступления примесей в циклы паротурбинной установки.
10. Поведение примесей водного теплоносителя в пароводяном тракте.
11. Виды коррозионных процессов.
12. Химическая и электрохимическая коррозия.
13. Виды коррозионных повреждений различных сталей и сплавов.
14. Характеристика основных методов защиты металла при эксплуатации и простоях оборудования, выбор типа водно-химического режима.
15. Основные физико-химические процессы, протекающие в водном теплоносителе.
16. Изменение свойств воды.
17. Выделение твердой фазы в форме накипи и шлама.
18. Классификация промышленных сточных вод.
19. Особенности их очистки.
20. Методы очистки промышленных стоков от нефтепродуктов.

### Шкалы оценки образовательных достижений

Баллы (итоговой рейтинговой оценки)	Баллы за разделы	Оценка (балл за ответ на зачете)	Требования к знаниям
100-60	30-50	«зачтено» - 30-50 баллов	– Оценка «зачтено» выставляется, если студент имеет знания основного материала, если он прочно усвоил программный материал, последовательно, четко и логически стройно его излагает его на зачете, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения, умеет тесно увязывать теорию с практикой

			– Учебные достижения в семестровый период и результатами рубежного контроля демонстрируют достаточную степень овладения программным материалом.
59-0	29-0	«не зачтено» - 0-29 баллов	– Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «не зачтено» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. – Учебные достижения в семестровый период и результатами рубежного контроля демонстрировали не высокую степень овладения программным материалом по минимальной планке.

## Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

### Основная литература:

1. Иванова, И. В. Физико-химические основы водоподготовки. Определение общей щелочности и жесткости воды : учебное пособие / И. В. Иванова. — Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2015. — 32 с. — ISBN 978-5-9239-0794-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/71869>

2. Ушакова, И. Г. Научные и инженерные основы выбора методов очистки природных, сточных вод и обработки осадка : учебное пособие / И. Г. Ушакова, Ю. В. Корчевская, Г. А. Горелкина. — Омск : Омский ГАУ, 2019. — 155 с. — ISBN 978-5-89764-788-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/119213>

### Дополнительная литература:

3. Видин, Ю. В. Техническая термодинамика и теплообмен : учебное пособие / Ю. В. Видин, В. С. Злобин. — Красноярск : СФУ, 2020. — 332 с. — ISBN 978-5-7638-4212-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/181569>

4. Нарышкин, Д. Г. Равновесия в растворах электролитов. Расчеты с Mathcad : учебное пособие / Д. Г. Нарышкин, М. А. Осина, В. Ф. Очков. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 180 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/101866/#179>

5. Оценка качества вод и их способности к обработке : учебное пособие / И. Г. Ушакова, Г. А. Горелкина, А. А. Кадысева, О. В. Широченко. — Омск : Омский ГАУ, 2014. — 88 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/64861/#8>

### Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

ПО любых.

Поисковые системы в сети Интернет – Yandex.ru, Google.com

## Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Лекционные занятия проводятся в специализированных аудиториях, оснащенных мультимедийным оборудованием (ауд.411).

Оборудование:

Автоматизированное рабочее место преподавателя:

Компьютер ORION 215 – 1;

процессор-AMD Athlon(tm)IIx2215, 2,70 GHz; оперативная память – 4,00 Gb.

Проектор Casio XJ-V2 – 1; Микрофон Aceline AMIC-1 настольный-1; Экран настенный с электроприводом -1;

Лицензионное и свободное программное обеспечение общего и профессионального назначения.

Практические занятия проводятся в лаборатории «Теплотехника и термодинамика» (ауд.318).  
Оборудование:

Комплект учебно-наглядных пособий и плакатов;

Комплект документации, методическое обеспечение;

Лабораторный стенд ТОТ-ТПБ для испытания различных конструкций теплообменников;  
Лабораторные установки для выполнения лабораторных работ:

1. Определение теплоемкости воздуха;
2. Определение критического диаметра тепловой изоляции;
3. Определение критического перепада давления и критической скорости;
4. Определение коэффициента теплопроводности сыпучих материалов.

Лабораторный стенд «Технология очистки и обезвреживания промышленных выбросов»

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

Знания, полученные по освоению дисциплины, необходимы при осуществлении профессиональной деятельности бакалавра, выполнении выпускной квалификационной работы и изучении основных дисциплин по профилю подготовки.

Для эффективного освоения дисциплины студентам необходимо проявлять наибольшую активность во время аудиторных занятий, следовать указаниям ведущего преподавателя, выполнять самостоятельную работу в объеме, установленном рабочей программой дисциплины.

Лекционные занятия составляют основу теоретического обучения и позволяют сформировать систематизированные основы знаний по дисциплине, позволяют раскрыть наиболее сложные, основополагающие вопросы.

В ходе лекционных занятий надлежит конспектировать наиболее важные положения изучаемой темы, а по окончании занятия задавать вопросы, вызывающие затруднения с усвоением рассматриваемой темы. Рекомендуется перед следующим лекционным занятием повторить материал рассмотренной темы, изучить современную литературу, выполнить самостоятельную работу в заданном объеме.

Практические занятия по дисциплине позволяют проверить усвоение теоретического материала, формировать практические навыки и умения под руководством преподавателя, углубляют, расширяют, детализируют полученные на лекции знания. Практическое занятие предполагает выполнение по заданию и под руководством преподавателя одной или нескольких практических работ. Для успешного выполнения практических заданий и освоения дисциплины перед каждым практическим занятием необходимо выучить теоретический материал соответствующей темы, используя как конспект лекций, так и рекомендуемую литературу. По результатам выполнения практической работы проводится оценка текущей успеваемости, которая суммируется к результатам аттестации разделов.

Самостоятельная работа подразумевает под собой проработку теоретического материала с использованием рекомендуемой литературы по той или иной теме, последующий отчет по результатам самостоятельной работы в форме, установленной преподавателем.

Средством информационной поддержки организации самостоятельной работы студентов в рамках учебной дисциплины являются информационно-образовательная среда (ИОС), электронно-библиотечные системы, доступные БИТИ НИЯУ МИФИ, абонемент и периодика.

Для выполнения самостоятельной работы студенту нужен либо домашний компьютер с доступом в интернет, либо компьютерные класс №222.

Каждый студент имеет свой логин и пароль для входа в ИОС.

### **Методические рекомендации для преподавателей**

На первом занятии по данной учебной дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения, раскрыть место и роль дисциплины в процессе подготовки бакалавра по направлению «Электроэнергетика и электротехника», ее практическое значение, 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 практического занятия по теме лекции.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

В ходе изложения лекционного материала следует приводить наиболее яркие и запоминающиеся примеры, задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, по-

вышению 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. 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 практическому занятию.

При подготовке к практическому занятию преподавателю необходимо уточнить план его проведения, продумать перечень задач, подлежащих решению во время практического занятия. Оказывать методическую помощь студентам в подготовке к занятию, выполнению домашних заданий. В ходе практического занятия во вступительном слове раскрыть теоретическую и практическую значимость темы, определить порядок его проведения, количество решаемых задач. Целесообразно в ходе решения задач задавать обучающимся дополнительные и уточняющие вопросы с целью выяснения глубины знания по рассматриваемой теме. В заключительной части практического занятия следует подвести его итоги: дать объективную оценку ответов каждого студента и учебной группы в целом. Раскрыть положительные стороны и недостатки проведенного практического занятия. Ответить на вопросы студентов. Назвать тему очередного занятия.

После каждого лекционного и практического занятия необходимо сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий студентами, выяснить у старост учебных групп причины отсутствия студентов на занятиях. Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине.

В результате освоения дисциплины студенты сдают зачет.

Студент, получивший менее 60% от максимального балла за раздел дисциплины или промежуточную аттестацию, считается неаттестованным по данной дисциплине.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС НИЯУ МИФИ и учебным планом основной образовательной программы по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника.

Рабочую программу составил доцент Костин Д.А.

Рецензент: доцент Устинов Н.А.

Программа одобрена на заседании УМКН 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника.

Председатель учебно-методической комиссии Разуваев А.В.