

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

И.о. заведующий баз. каф.
«Атомные станции с водо-водяными
энергетическими реакторами» (АСВВЭР)



Иванченко А. И.
22.04.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.03.01 Нагнетатели АЭС

1. Код и наименование специальности:

14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг

2. Специализация:

Проектирование и эксплуатация атомных станций

3. Квалификация выпускника: инженер – физик

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

Баз. каф. «Атомные станции с водо-водяными энергетическими реакторами» (АСВВЭР)

6. Составители программы:

и.о. зав. базовой каф. «Атомные станции с водо-водяными энергетическими реакторами»
(АСВВЭР), к.т.н., доц. Иванченко А.И.

7. Рекомендована:

Научно – методическим советом физического факультета, протокол №4 от 18.04.2025 г.

8. Учебный год: 2029/2030

Семестр(ы): 9, А

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

-изучение видов и конструктивного устройства нагнетателей АЭС, процессов, протекающих в них, и приобретение практических навыков проектирования эффективных нагнетателей АЭС;

-изучение и овладение принципами анализа безопасной и экономичной и эксплуатации нагнетателей АЭС

Задачи учебной дисциплины:

- приобретение студентами знаний о типах и конструкциях основных нагнетателей и тепловых двигателей, применяемых на АС;

– изучение технических характеристик тепловых двигателей и нагнетателей, а также методы выбора их для энергетических установок;

– освоение способов регулирования производительности тепловых двигателей и нагнетателей;

– приобретение навыков использования методических нормативных материалов, технических и технологических документаций, современных информационных средств и технологий

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Учебная дисциплина Нагнетатели АЭС относится к дисциплине (модуль) по выбору вариативной части блока Б1.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-1	Способен проводить производственно - технологические исследования систем и оборудования атомных электрических станций и ядерных энергетических установок, участвовать во внедрении результатов исследований	ПК-1.1	Выбирает оптимальные рабочие циклы энергетических установок	Знать: - теоретические основы функционирования, технологические схемы, конструкции и характеристики оборудования основных типов АС; - методы расчета на прочность элементов конструкций, механизмов и машин; - характеристики основного и вспомогательного оборудования АС в процессе разработки, создания, монтажа, наладки и эксплуатации. Уметь: - применять знания по теоретическим основам функционирования, технологическим схемам, конструкциям и характеристикам оборудования основных типов АС при проектировании
ПК-3	Способен выбирать, создавать и использовать оборудование атомных электрических станций и ядерных энергетических установок, средства	ПК-3.1	Имеет представление о критериях выбора и создания оборудования атомных электрических станций и ядерных энергетических установок, средств автоматизированно го управления,	- проводить расчеты на прочность элементов конструкций, механизмов и машин; - определять и анализировать характеристики основного и вспомогательного оборудования АС. Владеть: - опытом использования знаний по теоретическим основам функционирования, технологическим схемам, конструкциям и характеристикам оборудования основных

	измерения теплофизических параметров и автоматизированного управления, защиты и контроля технологических процессов		защиты и контроля технологических процессов	типов АС при проектировании; - опытом использования методов расчета на прочность элементов конструкций, механизмов и машин; - опытом определения и анализа характеристик основного и вспомогательного оборудования.
ПК-4	Способен проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных разработок систем и оборудования АС и ядерных энергетических установок, готовить исходные данные для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений, выполнять инженерные проекты с применением методов проектирования для достижения оптимальных результатов с учетом принципов и средств обеспечения ядерной и радиационной безопасности	ПК-4.1	Знает современные методы проектирования	
		ПК-4.3	Анализирует предварительное технико-экономическое обоснование проектных разработок систем и оборудования АС и ядерных энергетических установок	

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 8/288.

Форма промежуточной аттестации – зачет с оценкой (9 семестр), экзамен (А семестр)

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость		
	Всего	По семестрам	
		9 семестр	А семестр
Аудиторные занятия	132	84	48
в том числе:	лекции	66	34
	практические	50	34
	лабораторные	16	16
Самостоятельная работа	120	60	60
в том числе: курсовая работа (проект)	60	60	
Форма промежуточной аттестации	36	Зачет с оценкой	Экзамен (36 ч)
Итого:	288	144	144

13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК*
1. Лекции			
1.1	Введение	Назначение и содержание курса. Понятие нагнетателя. Типы нагнетателей. История создания и развития нагнетателей. Области использования различных нагнетателей.	https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=29304
1.2	Назначение насосов и их место в тепловой схеме АЭС	Понятие насоса. Классификация насосов по назначению, по принципу действия. Основные параметры насосов: подача, напор, полезная удельная работа, мощность, КПД. Понятие насосной установки. Основные элементы насосной установки, их назначение. Устройство и принцип действия центробежного насоса.	https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=29304
1.3	Основы теории центробежных машин	Конструктивная схема рабочего колеса центробежной машины, основные геометрические и кинематические характеристики. Типы рабочих лопастей центробежной машины.	https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=29304
1.4	Подобие центробежных машин	Необходимость и значение теории подобия. Условия подобия. Критерии подобия: коэффициент быстроходности. Формулы пропорциональности. Универсальные и безразмерные характеристики. Определение размеров рабочего колеса центробежной машины. Основные положения расчета: цель, исходные данные. Алгоритм упрощенного метода расчета рабочего одноступенчатого центробежного насоса.	https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=29304
1.5	Работа центробежных насосов в сети	Способы регулирования подачи и напора центробежных насосов. Сравнительная оценка разных способов регулирования. Параллельное и последовательное соединение центробежных насосов. Неустойчивость работы центробежных насосов. Понятие и физическая природа кавитации. Геометрическая и вакуумметрическая высота всасывания, кавитационный запас. Мероприятия для предотвращения кавитации. Энергосберегающие технологии при эксплуатации насосного оборудования. Мероприятия для обеспечения экономичной работы насосов. Частотно-регулируемый электропривод (ЧРП): теоретические основы ЧРП, оценка эффекта от применения ЧРП.	https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=29304
1.6	Устройство и эксплуатация насосов АЭС	Особенности конструкций насосного оборудования АЭС: главный циркуляционный насос, питательные и конденсатные насосы. Материалы, используемые для изготовления узлов и деталей АЭС. Выбор насосов по заданным рабочим параметрам. Приводные двигатели.	https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=29304
1.7	Струйные насосы	Понятие и принцип действия струйного насоса. Достоинства и недостатки струйных насосов. Область применения струйных насосов на АЭС. Пароструйный и водоструйный эжекторы: устройство, характеристики и особенности эксплуатации.	https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=29304
1.8	Центробежные вентиляторы	Понятие вентилятора. Область применения центробежных вентиляторов на АЭС. Принципиальная конструкция центробежного вентилятора, основные узлы. Давление, развиваемое вентилятором. Коэффициент полного давления. Подача, мощность и КПД вентилятора.	https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=29304

		Выбор вентилятора по заданным параметрам. Характеристики и регулирование центробежных вентиляторов. Неустойчивость работы вентилятора. Помпаж. Особенности конструкций вентиляторного оборудования АЭС.	
1.9	Компрессоры	Понятие компрессора и компрессорной установки. Типы компрессоров. Применение компрессоров на АЭС. Основные параметры компрессоров. Термодинамика компрессорных машин. Мощность и КПД компрессора. Объемные компрессоры. Индикаторная диаграмма объемных компрессоров	https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=29304
2. Практические занятия			
2.1	Назначение насосов и их место в тепловой схеме АЭС	Расчет тепловых циклов и изучение схем турбинных установок	https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=29304
2.2	Основы теории центробежных машин	Расчет и проектирование ступени по параметрам на среднем диаметре ступени	https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=29304
2.3	Подобие центробежных машин	Расчет профилей решеток	https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=29304
2.4	Работа центробежных насосов в сети	Расчет двухвенечной ступени	https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=29304
2.5	Устройство и эксплуатация насосов АЭС	Расчет и проектирование ступени с учетом изменения параметров потока по радиусу	https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=29304
2.6	Струйные насосы	Многоступенчатые турбины	https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=29304
2.7	Центробежные вентиляторы	Переменный режим работы турбинной ступени	https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=29304
2.8	Компрессоры	Переменные режимы работы турбоустановок	https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=29304
3. Лабораторные занятия			
3.1	Подобие центробежных машин	Испытание центробежного насоса.	https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=29304
3.2	Работа центробежных насосов в сети	Совместная работа насосов	https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=29304
3.3	Центробежные вентиляторы	Испытание вентилятора	https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=29304
3.4	Компрессоры	Испытание компрессора	https://edu.vsu.ru/enrol/index.php?id=29304

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1.	Введение	4			6	10
2.	Назначение насосов и их место в тепловой схеме АЭС	6	6		10	22
3.	Основы теории центробежных машин	8	6		10	24

4.	Подобие центробежных машин	8	6	4	16	34
5.	Работа центробежных насосов в сети	8	6	4	16	34
6.	Устройство и эксплуатация насосов АЭС	8	6		16	30
7.	Струйные насосы	8	6		14	28
8.	Центробежные вентиляторы	8	8	4	16	36
9.	Компрессоры	8	6	4	16	34
	Контроль					36
	Итого:	66	50	16	120	288

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Студентам на лекциях необходимо вести подробный конспект и стараться понять материал курса. Для полного понимания материала следует активно использовать консультации. Для самостоятельного изучения разделов курса, рекомендованных преподавателем, необходимо пользоваться основной и дополнительной литературой, интернет-ресурсами.

На практических занятиях необходимо уметь решать задачи и анализировать решение, на устных опросах обучаемый должен уметь демонстрировать полученные на лекциях и практических занятиях знания, умения и навыки, отвечать на поставленные вопросы, поддерживать дискуссию по существу вопроса.

Методическое обеспечение аудиторной работы: учебно-методические пособия для студентов, учебники и учебные пособия, электронные и Интернет-ресурсы.

Методическое обеспечение самостоятельной работы: учебно-методические пособия по организации самостоятельной работы, контрольные задания и тесты в бумажном и электронном вариантах, тестирующие системы, дистанционные формы общения с преподавателем. Контроль самостоятельной работы реализуется с помощью опросов, тестов, вопросов по темам заданий и т.д.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Насосы и насосные станции: учебник / В. Я. Карелин, А. В. Минаев. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: Бастет, 2010. — 448 с.: ил.
2.	Гидравлика и гидравлические машины: учебное пособие / А. А. Калекин. — Москва: Мир, 2005. — 512 с.: ил.
3.	Насосы. Вентиляторы. Кондиционеры: справочник / под ред. Е. М. Рослякова. — СПб.: Политехника, 2006. — 822 с.: ил.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4.	Тепловые и атомные электростанции: Справочник/Под общей ред. чл. корр. А.В. Клименко и проф. В.М.Зорина. — 3-е изд., перераб. И доп. - М.: Издательство МЭИ, 2003 – 648 с.: ил. – (Теплоэнергетика и теплотехника; кн.3).
5.	Ляшков, Василий Игнатьевич. Тепловые двигатели и нагнетатели: учебное пособие / В. И. Ляшков. — Москва: Абрис, 2012. — 167 с.: ил. — Библиогр.: с. 166.. — ISBN 978-5-4372-0008-7.
6.	Поляков, Вадим Владимирович. Насосы и вентиляторы: учебник для вузов / В. В. Поляков, Л. С. Скворцов. — Москва: Интеграл, 2014. — 336 с.: ил. — Библиогр.: с. 328. — Предм. указ.: с. 329-334.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
7.	www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ.
8.	https://edu.vsu.ru – Электронный университет ВГУ

9.	https://e.lanbook.com – ЭБС «Лань»
10.	https://www.studentlibrary.ru – ЭБС «Консультант студента»
11.	https://urait.ru – Образовательная платформа «ЮРАИТ»
12.	https://rucont.ru - Информационно-телекоммуникационная система «Контекстум»

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1.	Шелегов А.С., Лескин С.Т., Слободчук В.И. Насосное оборудование АЭС: Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2011.

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

При проведении занятий по дисциплине используются следующие образовательные технологии:

1. активные и интерактивные формы проведения занятий;
2. компьютерные технологии при проведении занятий;
3. презентационные материалы и технологии при объяснении материала на лекционных и практических занятиях;
4. специализированное оборудование при проведении лабораторных работ;
5. разбор конкретных ситуаций при постановке целей и задач к разработке прикладных программ, при выборе программного обеспечения по установленным критериям, при разработке программ по предусмотренным алгоритмам и метода.

Для самостоятельной работы используется ЭБС Университетская библиотека online - www.lib.vsu.ru - ЗНБ ВГУ. Программное обеспечение, применяемое при реализации дисциплины – Microsoft Windows, LibreOffice, CodeBlocks, Adobe Reader, Mozilla FireFox.

Дистанционные образовательные технологии (ДОТ) применяются с использованием образовательного портала «Электронный университет ВГУ».

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лаборатория им. Л.Н. Сухотина
 Специализированная мебель, ноутбук, проектор
 Microsoft Windows 7, Windows 10
 LibreOffice, Adobe Reader
 Лаборатория

Специализированная мебель, Комплект учебного оборудования "Работа насосов различных типов"
 Типовой комплект учебного оборудования "Механика жидкости -гидравлический удар".

Компьютерный класс, помещение для самостоятельной работы
 Специализированная мебель, компьютеры с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета
 Microsoft Windows 10, LibreOffice, Adobe Reader

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Введение	ПК-1	ПК-1.1	Курсовая работа, собеседование по вопросам к экзамену
2.	Назначение насосов и их место в тепловой	ПК-3	ПК-3.1	
		ПК-4	ПК-4.1	

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
	схеме АЭС		ПК-4.3	
3	Основы теории центробежных машин			
4.	Подобие центробежных машин			
5.	Работа центробежных насосов в сети			
6.	Устройство и эксплуатация насосов АЭС			
7.	Струйные насосы			
8.	Центробежные вентиляторы			
9.	Компрессоры			
Промежуточная аттестация форма контроля – экзамен				Перечень вопросов к экзамену Пункт 20.2

20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Перечень тем для курсовых работ:

1. Осевые компрессоры
2. Центробежные компрессоры.
3. Дутьевые вентиляторы.
4. Кавитация в насосах.
5. Дымососы.
6. Тепловое загрязнение и вопросы экологии.
7. Двухвенечная ступень
8. Эрозия деталей паровых турбин
9. Турбины с противодавлением.
10. Защита турбины от разгона.

Оценка «отлично» выставляется при выполнении курсового проекта (работы) в полном объеме; используется основная литература по проблеме, работа отличается глубиной проработки всех разделов содержательной части, оформлена с соблюдением установленных правил; студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач, сформулированных в задании; на все вопросы дает правильные и обоснованные ответы, убедительно защищает свою точку зрения.

Оценка «хорошо» выставляется при выполнении курсовой работы в полном объеме; работа отличается глубиной проработки всех разделов содержательной части, оформлена с соблюдением установленных правил; студент твердо владеет теоретическим материалом, может применять его самостоятельно или по указанию преподавателя; на большинство вопросов даны правильные ответы, защищает свою точку зрения достаточно обосновано.

Оценка «удовлетворительно» выставляется при выполнении курсовой работы в основном правильно, но без достаточно глубокой проработки некоторых разделов; студент усвоил только основные разделы теоретического материала и по указанию преподавателя (без инициативы и самостоятельности) применяет его практически; на вопросы отвечает неуверенно или допускает ошибки, неуверенно защищает свою точку зрения.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, когда студент не может защитить свои решения, допускает грубые фактические ошибки при ответах на поставленные вопросы или вовсе не отвечает на них.

20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Перечень вопросов к экзамену:

1. Место и роль нагнетателей и тепловых двигателей в системах теплоэнергоснабжения промышленных предприятий.
2. Типы коммуникаций в системах промышленной теплоэнергетики.
3. Классификация нагнетателей и тепловых двигателей.
4. Анализ влияния начальных условий, охлаждения и подвода тепла, сжимаемости и типа рабочего тела на работу сжатия и расширения.
5. Классификация насосов.
6. Определение мощности машины, понятие о КПД нагнетателя и теплового двигателя.
7. Понятие удельной работы, напора и давления.
8. Влияние конструкции лопаток рабочего колеса на напор.
9. Газодинамические основы расчета турбомашин.
10. Классификация и область применения нагнетателей объемного действия и поршневых детандеров.
11. Теоретическая характеристика нагнетателя.
12. Общая классификация потерь в нагнетателях.
13. Учет потерь и переход к действительной характеристике. Понятие о рабочей зоне характеристики.
14. Условия работы нагнетателя на сеть.
15. Особенности работы насосов в сети.
16. Способы регулирования подачи динамических гидромашин.
17. Неустойчивая работа насоса (помпаж).
18. Последовательное и параллельное соединение насосов.
19. Кавитация в насосах и допустимая высота всасывания.
20. Принцип работы и область применения нагнетателей кинетического действия.
21. Полная характеристика вихревого насоса и области его применения.
22. Струйные насосы. Классификация и принцип действия.
23. Схема струйного насоса и области его применения.
24. Вентиляторы и газодувки. Классификация, характеристики и область применения.
25. Классификация, потери, КПД и мощность турбокомпрессоров.
26. Термодинамический процесс сжатия в многоступенчатом турбокомпрессоре в диаграмме.
27. Центробежные компрессоры. Конструкция. Область применения.
28. Основные способы изменения характеристики компрессора.
29. Осевые компрессоры. Конструкция. Область применения.
30. Сопоставление показателей и обоснование преимущественных зон применения центробежных и осевых компрессоров.
31. Объемные насосы, классификация и принцип действия.
32. Устройство и области применения поршневых, плунжерных и мембранных насосов.
33. Индикаторная диаграмма поршневых насосов.
34. Графики подачи поршневых насосов и способы ее выравнивания.
35. Характеристики поршневых насосов.
36. Роторные насосы. Классификация и области применения.
37. Характеристики роторных насосов и их работа на трубопровод.
38. Устройство и особенности шестеренных, пластинчатых и винтовых насосов.
39. Индикаторная диаграмма поршневого компрессора.
40. Предельная степень повышения давления в ступени, распределение давления между ступенями, КПД компрессора.
41. Многоступенчатое сжатие в поршневом компрессоре.
42. Регулирование подачи поршневых компрессоров.
43. Схемы и конструкции поршневых компрессоров. Нормализованные базы.
44. Расчет основных размеров ступеней компрессора.
45. Классификация и область применения детандеров.

46. Принцип работы поршневого детандера, холодопроизводительность, КПД и отводимая мощность поршневого детандера.
47. Классификация вентиляторов. Область применения. Способы изменения характеристики вентилятора
48. Область применения различных типов тепловых двигателей. Классификация.
49. Принцип действия работы турбины (на примере активной одноступенчатой турбины Лаваля).
50. Типы паровых турбин. Стандартные параметры пара.
51. Работа и мощность турбинной ступени.
52. Конструкция паровой турбины.
53. Принципиальные схемы паротурбинных установок.
54. Идеальный цикл Ренкина для ПТУ, работающей на перегретом паре; понятие термического КПД цикла.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и/или практическое(ие) задание(я), позволяющее(ие) оценить степень сформированности умений и(или) навыков, и(или) опыт деятельности.

При оценивании используются количественные или качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены ниже.

Критерии оценивания компетенций	Шкала оценок
Обучающийся демонстрирует полное и глубокое усвоение материала, грамотное и логичное изложение мыслей, обоснованность выводов, умение сочетать теорию с практикой, наличие аналитического мышления.	Отлично
Обучающийся демонстрирует твердое знание материалов учебного курса, его грамотное изложение, отсутствие существенных неточностей в ответе.	Хорошо
Обучающийся демонстрирует наличие пробелов в усвоении основного материала, неточности формулировок, недостаточная аргументация выводов, отсутствие последовательности в ответе.	Удовлетворительно
Обучающийся демонстрирует отсутствие знаний основного материала, существенные ошибки при ответах на дополнительные вопросы, неумение логически обосновать ответ	Неудовлетворительно

