

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИШЭ
(Матвеев А.С.)
«30» 06 2020 г.

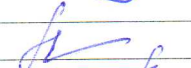
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2020 г.

ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Нагнетатели АЭС			
Направление подготовки/специальность	14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Проектирование и эксплуатация атомных станций		
Специализация	Проектирование и эксплуатация атомных станций		
Уровень образования	высшее образование - специалитет		
Курс	5	семестр	9,10*
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	24	
	Практические занятия	24	
	Лабораторные занятия	16	
	ВСЕГО	64	
Самостоятельная работа, ч			152
в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект, курсовая работа)			курсовая работа
ИТОГО, ч			216

Вид промежуточной аттестации	Экзамен дифзачет	Обеспечивающее подразделение	НОЦ И.Н.Бутакова
------------------------------	---------------------	------------------------------	---------------------

Заведующий кафедрой - руководитель НОЦ И.Н. Бутакова
на правах кафедры
Руководитель ООП
Преподаватель

	Заворин А.С.
	Воробьев А.В.
	Воробьев А.В.

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5.4 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
ПК(У)-5	Способен в составе рабочей группы проектировать элементы оборудования и технологических систем объектов использования атомной энергии с учетом требований ядерной, радиационной, пожарной, промышленной и экологической безопасности и с использованием современных информационных технологий	И.ПК(У)-5.1	Использует знания по теоретическим основам функционирования, технологическим схемам, конструкциям и характеристикам оборудования основных типов АС при проектировании	ПК(У)-5.1В1	Владеет опытом использования знаний по теоретическим основам функционирования, технологическим схемам, конструкциям и характеристикам оборудования основных типов АС при проектировании Нагнетатели АЭС
				ПК(У)-5.1У1	Умеет применять знания по теоретическим основам функционирования, технологическим схемам, конструкциям и характеристикам оборудования основных типов АС при проектировании Нагнетатели АЭС
				ПК(У)-5.1З1	Знает теоретические основы функционирования, технологические схемы, конструкции и характеристики оборудования основных типов АС Нагнетатели АЭС
		И.ПК(У)-5.5	Проводит расчеты на прочность элементов конструкций, механизмов и машин	ПК(У)-5.5В1	Владеет опытом использования методов расчета на прочность элементов конструкций, механизмов и машин
				ПК(У)-5.5У1	Умеет проводить расчеты на прочность элементов конструкций, механизмов и машин
				ПК(У)-5.5З1	Знает методы расчета на прочность элементов конструкций, механизмов и машин
ПК(У)-9	ПК(У) -9 – Способен в составе рабочей группы проводить испытания основного и вспомогательного оборудования атомных станций и ядерных энерге-	И.ПК(У)-9.2	Определяет и анализирует расчетные и экспериментальные характеристики основного и вспомогательного оборудования АС	ПК(У)-9.2В1	Владеет опытом определения и анализа характеристик основного и вспомогательного оборудования АС
				ПК(У)-9.2У1	Умеет определять и анализировать характеристики основного и вспомогательного обо-

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
	физических установок в процессе разработки, создания, монтажа, наладки и эксплуатации, проводить физические эксперименты на этапах физического пуска энергоблока с целью определения нейтронно-физических параметров реакторной установки и АС в целом			ПК(У)-9.231	Знает характеристики основного и вспомогательного оборудования АС в процессе разработки, создания, монтажа, наладки и эксплуатации

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД1	Применять знания основных гидродинамических и конструктивных характеристик нагнетателей АЭС для анализа и расчета протекающих в них процессов.	И.ПК(У)-5.1
РД2	Уметь составлять схемы и математические модели процессов в нагнетателях различного типа, увязывать характеристики нагнетателя с характеристикой сети, обосновывать совместную работу нагнетателей, определять их показатели.	И.ПК(У)-9.2
РД3	Использовать данные технической документации и других информационных источников по тематике, связанной с проектированием и эксплуатацией нагнетателей АЭС, для обеспечения их надежной работы.	И.ПК(У)-9.2
РД4	Владеть современными методами и средствами проектирования для выполнения конструкторских и поверочных гидравлических и механических расчетов нагнетателей атомных электростанций.	И.ПК(У)-5.5

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел 1. Введение	РД1	Лекции	2

		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	19
Раздел 2. Назначение насосов и их место в тепловой схеме АЭС	РД1	Лекции	2
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	19
Раздел 3. Основы теории центробежных машин	РД2	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	28
Раздел 4. Подобие центробежных машин	РД2, РД4	Лекции	2
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	19
Раздел 5. Работа центробежных насосов в сети	РД2	Лекции	4
		Практические занятия	-
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	13
Раздел 6. Устройство и эксплуатация насосов АЭС	РД3, РД4	Лекции	6
		Практические занятия	-
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	15
Раздел 7. Струйные насосы	РД1	Лекции	-
		Практические занятия	-
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	6
Раздел 8. Центробежные вентиляторы	РД2	Лекции	2
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	24
Раздел 9. Компрессоры	РД2	Лекции	2
		Практические занятия	-
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	9

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Введение

Назначение и содержание курса. Понятие нагнетателя. Типы нагнетателей. История создания и развития нагнетателей. Области использования различных нагнетателей.

Темы лекций:

1. Введение.

Темы практических занятий:

1. Основные характеристики центробежного насоса.
2. Области использования различных нагнетателей

Названия лабораторных работ:

1. Определение характеристики вихревого насоса.

Раздел 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

Темы лекций:

2. Насосная установка и ее основные элементы.

Темы практических занятий:

3. Расчет сети конденсатного насоса.
4. Определение параметров насоса
5. Устройство и принцип действия центробежного насоса

Раздел 3. Основы теории центробежных машин

Конструктивная схема рабочего колеса центробежной машины, основные геометрические и кинематические характеристики. Типы рабочих лопастей центробежной машины.

Темы лекций:

3. Основы теории центробежных насосов
4. Потери энергии и КПД лопастной машины

Темы практических занятий:

6. Совместная работа насосов.
7. Основные геометрические и кинематические характеристики насосов

Названия лабораторных работ:

2. Изучение конструкций конденсатного и питательного насосов.
3. Изучение конструкций сетевого насосов

Раздел 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.

Темы лекций:

5. Подобие центробежных насосов

Темы практических занятий:

8. Расчет параметров обточки рабочего колеса центробежного насоса
9. Определение размеров рабочего колеса центробежной машины
10. Алгоритм упрощенного метода расчета рабочего одноступенчатого центробежного насоса

Раздел 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 на-

сосного оборудования. Мероприятия для обеспечения экономичной работы насосов. Частотно-регулируемый электропривод (ЧРП): теоретические основы ЧРП, оценка эффекта от применения ЧРП.

Темы лекций:

6. Работа насосов на сеть
7. Регулирование насосной установки

Название лабораторных работ :

4. Исследование параллельной работы насосов

Раздел 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.

Темы лекций:

8. Кавитация в насосах
9. Элементы конструкции центробежных насосов
10. Характеристики насосов, используемых на АЭС

Названия лабораторных работ:

5. Изучение конструкции ГЦН энергоблока ВВЭР-1000.

Раздел 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

Раздел 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. Выбор вентилятора по заданным параметрам. Характеристики и регулирование центробежных вентиляторов. Неустойчивость работы вентилятора. Помпаж. Особенности конструкций вентиляторного оборудования АЭС.

Темы лекций:

11. Вентиляторы.

Темы практических занятий:

11. Характеристики центробежного вентилятора.
12. Неустойчивость работы вентилятора

Название лабораторных работ

6. Испытание вентилятора
7. Определение коэффициента полезного действия вентилятора

Раздел 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 объ-

емных компрессоров

Темы лекций:

12. Компрессоры.

Название лабораторных работ :

8. Испытание компрессора

Тематика курсовых работ:

1. Проект центробежного насоса типа К заданной производительностью
2. Проект центробежного насоса типа К производительностью 20 м³/ч
3. Проект центробежного насоса типа К производительностью 45 м³/ч
4. Проект центробежного насоса производительностью 170 м³/ч
5. Проект центробежного насоса типа К 65-55-160
6. Проект консольного центробежного насоса с подачей 35 м³/ч
7. Проект консольного центробежного насоса с заданной подачей
8. Проект консольного центробежного насоса типа К 100-80-160
9. Проект центробежного насоса типа К 45/30
10. Проект центробежного насоса типа К 20/30

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины предусмотрена в следующих видах и формах:

- работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- выполнение домашних заданий;
- подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- выполнение курсовой работы;
- подготовка к контрольным работам, экзамену.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература

1 Дмитриев, С.Н. Основное оборудование АЭС [Электронный ресурс]/ С.Н. Дмитриев.- Электрон.дан. - Минск: Вышэйшая школа, 2015. — 288 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=65576. –Загл.с экрана.

2 Моргунов, К. П. Насосы и насосные станции: учебное пособие [Электронный ресурс] / К.П. Моргунов. – Электрон.дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2019. — 308 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/111207>.–Загл.с экрана.

3 Шелегов, А. С. Насосное оборудование АЭС : учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] / А.С. Шелегов. – Электрон.дан. — Москва: НИЯУ МИФИ, 2011. — 348 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=75747.–Загл.с экрана.

Дополнительная литература

1 Поляков, Вадим Владимирович. Насосы и вентиляторы : учебник для вузов / В. В. По-

ляков, Л. С. Скворцов. — Москва: Интеграл, 2014. — 336 с.

2 Кожевникова, Н. Г.. Гидравлика и гидравлические машины. Лабораторный практикум [Электронный ресурс] / Н.Г. Кожевникова. – Электрон.дан. - Санкт-Петербург: Лань, 2016. — 352 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=76272 .–Загл.с экрана.

6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. Электронный учебник «Нагнетатели АЭС» в среде LMS MOODLE. Режим доступа: <http://mdl.lcg.tpu.ru:82/course/view.php?id=259>
2. Росатом, Госкорпорация (полный цикл в сфере атомной энергетики и промышленности, Москва)<http://www.rosatom.ru/>;
3. «Концерн Росэнергоатом» – <http://www.rosenergoatom.ru/>
4. Атомстройэкспорт, ЗАО (строительство и эксплуатация АЭС за рубежом, Москва) – <http://www.atomstroyexport.ru/>;
5. ВНИИАМ — Всероссийский научно-исследовательский институт атомного энергетического машиностроения (ОАО «ВНИИАМ») – <http://www.vniiam.ru/>
6. Пресс-центр атомной энергетики и промышленности – <http://www.minatom.ru>
7. Nuclear.Ru (информационно-аналитический портал для специалистов атомной отрасли) – <http://www.nuclear.ru/>
8. Atominfo.Ru (информационно-аналитический сайт для специалистов атомной отрасли) – <http://www.atominfo.ru/>
9. Атомная энергетика в Томской области – <http://www.aes.tomsk.ru/>

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>

Используемое лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

1. Windows 7/8/10;
2. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic; Microsoft Office 2013 Standard Russian Academic;
3. Document Foundation LibreOffice;
4. Cisco Webex Meetings\$
5. Zoom Zoom.
6. Excel.
7. Adobe Acrobat X Pro
8. CorelDraw X7.
9. Free Pascal
10. Компьютерная тренажер-программа «АУК ПИТ НАСОС».
11. Компьютерная тренажер-программа «АУК КОНД НАСОС».
12. Компьютерная тренажер-программа «АУК ГЦН энергоблока ВВЭР-1000».
13. Компьютерные программы «TABL1» и «TFS» для определения термодинамических и теплофизических параметров воды и водяного пара.
14. Слайды по насосному оборудованию энергоблоков БН-600, БН-800 и ВВЭР-1000.
15. Видеофильмы (“ГЦН реакторной установки ВВЭР” и др.), фотографии насосов и презентации производителей насосного оборудования.

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а,38	– Комплект учебной мебели на 30 посадочных мест; – Крепление для проектора Perless PRG-UNV - 1 шт.; – Компьютер - 1 шт.; – Проектор - 1 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а,31	– Комплект учебной мебели на 15 посадочных мест; – Шкаф для одежды - 1 шт.; – Шкаф для документов - 1 шт.; – Тумба стационарная - 1 шт.; – Стол письменный - 1 шт.; – Компьютер - 16 шт.; – Телевизор - 1 шт.
3.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а,32	– Комплект учебной мебели на 18 посадочных мест; – Компьютер - 20 шт.; – Проектор - 1 шт.

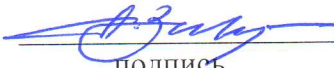
Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг специализация «Проектирование и эксплуатация атомных станций» (приема 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик:

Должность	Подпись	ФИО
Доцент НОЦ И.Н.Бутакова		А.В. Воробьев

Программа одобрена на заседании отделения НОЦ И.Н. Бутакова (протокол от 04.06.2020 г. №43).

Заведующий кафедрой - руководитель
НОЦ И.Н. Бутакова на правах кафедры,
д.т.н, профессор

 /А.С. Заворин/
подпись

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на за- седании НОЦ И.Н.Бутакова (протокол)
20___/___ учебный год		