

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИИШЭ

(Матвеев А.С.)
«30» 06 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2016 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

Нагнетатели АЭС		
Направление подготовки/ специальность	14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг	
Образовательная программа (направленность (профиль))	Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг	
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 (курсовая работа)		курсовая работа
ИТОГО, ч		216

Вид промежуточной аттестации

Экзамен Диф.зачет	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. 6. Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Результаты освоения ООП	Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
			Код	Наименование
ПК(У)-6	владением основами расчета на прочность элементов конструкций, механизмов и машин, подходами к обоснованному выбору способа обработки и соединения элементов энергетического оборудования ();	Р14	ПК(У)- 6.В1	Владеет опытом использования методов расчета на прочность элементов конструкций, механизмов и машин
			ПК(У)- 6.У1	Умеет проводить расчеты на прочность элементов конструкций, механизмов и машин
			ПК(У)- 6.З1	Знает методы расчета на прочность элементов конструкций, механизмов и машин
ПК(У)-27	способностью организовывать экспертизу технической документации, готовностью к исследованию причин неисправностей оборудования, принятию мер по их устранению	Р13	ПК(У)- 27.В1	Владеет опытом анализа технической документации, характеристик основного и вспомогательного оборудования АС, причин нарушений в его работе и способов их устранения
			ПК(У)- 27.У1	Умеет определять и анализировать характеристики основного и вспомогательного оборудования, нарушения в его работе и способы их устранения
			ПК(У)- 27.З1	Знает характеристики основного и вспомогательного оборудования АС, возможные неисправности оборудования, их причины и способы устранения
ПСК(У)-1.5	готовностью к разработке проектов элементов и систем АС и ЯЭУ с целью их модернизации и улучшения технико-экономических показателей с использованием современных средств проектирования и новых информационных технологий	Р14	ПСК(У)-1.5.В1	Владеет опытом использования знаний по теоретическим основам функционирования, технологическим схемам, конструкциям и характеристикам оборудования основных типов АС при проектировании
			ПСК(У)-1.5.У1	Умеет применять знания по теоретическим основам функционирования, технологическим схемам, конструкциям и характеристикам оборудования основных типов АС при проектировании
			ПСК(У)-1.5.З1	Знает теоретические основы функционирования, технологические схемы, конструкции и характеристики оборудования основных типов АС

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		
Код	Наименование	Компетенция
РД1	Применять знания основных гидродинамических и конструктивных характеристик нагнетателей АЭС для анализа и расчета протекающих в них процессов.	ПК(У)-6
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.	ПСК(У)-1.5
РД3	Использовать данные технической документации и других информационных источников по тематике, связанной с проектированием и эксплуатацией нагнетателей АЭС, для обеспечения их надежной работы.	ПК(У)-27
РД4	Владеть современными методами и средствами проектирования для выполнения конструкторских и поверочных гидравлических и механических расчетов нагнетателей атомных электростанций.	ПК(У)-6

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 цен-

тробежных 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.

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 объемных 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, расчетно-графических работ и домашних контрольных работ;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Выполнение курсовой работы или проекта, работа над междисциплинарным проектом;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям;

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература:

1. Дячек, П. И. Насосы, вентиляторы, компрессоры : учебное пособие / Дячек П. И. - Москва : Издательство АСВ, 2013. - 432 с. - ISBN 978-5-93093-784-8. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930937848.html> (дата обращения: 10.12.2020). - Режим доступа : по подписке.
2. Шелегов, А. С. Насосное оборудование АЭС : учебное пособие / А. С. Шелегов, С. Т. Лескин, В. И. Слободчук. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2011. — 348 с. — ISBN 975-5-7262-

1499-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/75747> (дата обращения: 10.12.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература:

1. Клименко, А. В. Теплоэнергетика и теплотехника Кн. 3. Тепловые и атомные электростанции / Клименко А. В. - Москва : Издательский дом МЭИ, 2017. (Справочная серия "Теплоэнергетика и теплотехника") - ISBN 978-5-383-01170-6. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011706.html> (дата обращения: 10.12.2020). - Режим доступа : по подписке.

2. Ляшков, В. И. Тепловые двигатели и нагнетатели : учебное пособие / В. И. Ляшков. - Москва : Абрис, 2012. - 167 с. - ISBN 978-5-4372-0050-6. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785437200506.html> (дата обращения: 10.12.2020). - Режим доступа : по подписке.

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.

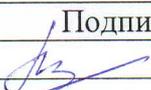
7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

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	<ul style="list-style-type: none"> – 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	<ul style="list-style-type: none"> – 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	<ul style="list-style-type: none"> – 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 2016 г., очная форма обучения).

Разработчик:

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

Программа одобрена на заседании кафедры АТЭС (протокол от 11.02.2016 г. № 2).

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 заседании НОЦ И.Н.Бутакова (протокол)
2017/2018 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание разделов дисциплины 4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС	№ 19 от 18.05.2017 г.
2018/2019 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание разделов дисциплины 4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС 5. Изменена система оценивания	№ 11 от 19.06.2018 г.
	Изменена система оценивания результатов обучения в Томском политехническом университете во всех дисциплинах и практиках, реализация которых начнётся с осеннего семестра 2018/19 учебного года и далее до завершения реализации программы.	№ 11/1 от 27.08.2018 г.
2019/2020 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание разделов дисциплины 4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС	№ 29 от 30.05.2019
2020/2021 учебный год	Изменена форма документов основных образовательных программ, в том числе УМК дисциплин	Приказ по ТПУ №127-7/об от 06.05.2020 г.
2020/2021 учебный год	Внесены изменения в разделы учебно-методическое, информационное, программное обеспечение дисциплины и материально-техническое обеспечение дисциплины	№ 44 от 26.06.2020 г.