

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
А.В. Бурмистров
« 11 » 09. 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине Б1.В.ДВ.8.1 «Турбомашины»

Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Профиль подготовки: «Компрессорные машины и установки»

Квалификация выпускника

БАКАЛАВР

Форма обучения

ОЧНАЯ

Институт, факультет

ИХНМ, ЭМТО

Кафедра-разработчик рабочей программы «Компрессорные машины и установки»

Курс, семестр

курс 3, семестр 6

	Часы	Зачетные единицы
Лекции	18	0,5
Практические занятия	-	
Семинарские занятия	-	
Лабораторные занятия	24	0,67
Самостоятельная работа	66	1,83
Форма аттестации	Зачет - 6 семестр	
Всего	108	3

Казань, 2018 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (№ 1170 от 20.10.2015 года)

по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

для профиля подготовки: «Компрессорные машины и установки» на основании учебного плана набора обучающихся 2018 года.

Типовая программа по дисциплине отсутствует.

Разработчик программы:

доцент



С.Л. Фосс

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры КМУ, протокол от 3 сентября 2018 г. № 1.

Зав. кафедрой, профессор



И.Р. Сагбиев

УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания методической комиссии ФЭмТО, к которому относится кафедра-разработчик РП
от 10 сентября 2018 г. № 1.

Председатель комиссии, доцент



М.С. Хамидуллин

Начальник УМЦ, доцент



Л.А. Китаева

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Турбомашины» являются:

- а) формирование знаний о физических процессах течения газа в элементах газовых турбин, о конструкциях турбин различного назначения;*
- б) обучение технологии получения газа высокой температуры с повышенным давлением и технологии преобразования этой энергии газа в механическую работу на валу турбины;*
- в) обучение способам применения основных уравнений для определения параметров потока газа и турбины;*
- г) раскрытие сущности процессов, происходящих при течении газа в элементах газовых турбин.*

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Турбомашины» относится к дисциплинам по выбору вариативной части ОП и формирует у бакалавров по направлению подготовки 15.03.02 набор знаний, умений, навыков и компетенций, необходимых для выполнения научно-исследовательской, проектно-конструкторской и производственно-технологической видов деятельности.

Для успешного освоения дисциплины «Турбомашины» бакалавр по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

- а) математика (Б1.Б.5),*
- б) материаловедение (Б1.Б.14),*
- в) технология конструкционных материалов (Б1.Б.15),*
- г) термодинамика (Б1.Б.22),*
- д) газодинамика (Б1.В.ОД.7).*

Дисциплина «Турбомашины» является предшествующей и необходима для успешного усвоения последующих дисциплин:

- а) конструирование и эксплуатация центробежных и осевых компрессоров (Б1.В.ОД.13),*
- б) компрессоры газоперекачивающих агрегатов магистральных газопроводов (Б1.В.ДВ.9.1),*
- в) компрессоры для транспортировки газа (Б1.В.ДВ.9.2).*

Знания, полученные при изучении дисциплины «Турбомашины», могут быть использованы при прохождении *производственной, преддипломной* практик и выполнении выпускных квалификационных работ по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

1. ОПК-1 — способность к приобретению с большой степенью самостоятельности новых знаний с использованием современных образовательных и информационных технологий.
2. ПК-1 — способность к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- 1) Знать: а) понятия: газотурбинная установка (ГТУ), газотурбинный двигатель (ГТД), газовая турбина, работа расширения, располагаемая работа, тепловой перепад, кинематика потока, степень реактивности ступени турбины, потери энергии, регулирование турбин;
б) основы физических процессов, протекающих в элементах турбин;
в) основные уравнения и соотношения параметров, используемые в расчетах турбин;
г) классификацию турбомашин; основные схемы ГТД, ГТУ; принцип работы турбины, ГТД, ГТУ; характеристики турбины.
- 2) Уметь: а) анализировать процессы расширения газа в ступени турбины;

б) рассчитывать параметры потока газа и турбины;
в) анализировать конструкции турбин, ГТД, ГТУ различного назначения, оценивать их эффективность.

3) Владеть: а) основами физических процессов течения газа в элементах газовых турбин;

б) методиками расчета параметров потока газа и турбины;

в) знаниями конструкций турбин различного назначения.

4. Структура и содержание дисциплины «Турбомашины»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (в часах)				Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам
			Лекции	Семинар (Практические занятия, лабораторные практикумы)	Лабораторные работы	СРС	
1	Понятие о турбомашинах и их назначение	6	2	-	4	14	Защита лабораторной работы, собеседование по разделам дисциплины
2	Общие вопросы теории турбомашин	6	1	-	-	-	Собеседование по разделам дисциплины
3	Одноступенчатые осевые газовые турбины	6	5	-	12	16	Защита лабораторных работ, собеседование по разделам дисциплины
4	Многоступенчатые газовые турбины	6	2	-	8	36	Защита лабораторных работ, собеседование по разделам дисциплины
5	Расширение газа в соплах и лопаточных решетках турбины	6	4	-	-	-	Собеседование по разделам дисциплины
6	Обтекание газом решетки лопаток	6	2	-	-	-	Собеседование по разделам дисциплины
7	Потери в турбине. Характеристики турбины	6	2	-	-	-	Собеседование по разделам дисциплины
Форма аттестации							Зачет

5. Содержание лекционных занятий по темам

№п п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Понятие о турбомашинах и их назначение	2	Понятие о турбомашинах и их назначение	Основные виды турбомашин. Классификация и общие свойства турбомашин. Область применения и преимущества газотурбинных двигателей и газотурбинных установок. Газотурбинные двигатели со сгоранием при постоянном давлении и с постоянным объемом сгорания.	ОПК-1
2	Общие вопросы теории турбомашин	1	Общие вопросы теории турбомашин	Турбомашины осевого и радиального типов: турбины и компрессоры. Основные уравнения теории турбомашин. Термодинамические процессы в газовых турбинах.	ПК-1

3	Одноступенчатые осевые газовые турбины	5	Одноступенчатые осевые газовые турбины	Принцип работы турбины. Ступень турбины. Кинематика потока газа в ступени. Силы, действующие на лопатки рабочего колеса. Основные геометрические параметры профиля лопатки и решетки профилей лопаток. Степень реактивности ступени турбины. Отношение окружной скорости к скорости газа на выходе из соплового аппарата для ступеней с различной степенью реактивности. Характер изменения параметров газа в проточной части активной и реактивной ступеней турбины.	ОПК-1, ПК-1
4	Многоступенчатые газовые турбины	2	Многоступенчатые газовые турбины	Рабочий процесс в многоступенчатых турбинах. Турбины со ступенями скорости. Турбины со ступенями давления.	ОПК-1, ПК-1
5	Расширение газа в соплах и лопаточных решетках турбины	4	Расширение газа в соплах и лопаточных решетках турбины	Изменение площади поперечного сечения сопла и параметров газа по длине сопла. Процессы расширения газа в сопловом аппарате в i-S диаграмме. Определение параметров потока газа в конце процесса расширения в сопловом аппарате. Процессы расширения газа в реактивной и активной ступенях турбины в i-S диаграмме. Определение параметров потока газа в конце процесса расширения в ступени турбины.	ПК-1
6	Обтекание газом решетки лопаток	2	Обтекание газом решетки лопаток	Пограничный слой и потери от трения. Потери в решетке (кромочные потери; отрыв потока от поверхности профиля; волновые потери; концевые потери; потери, связанные с вращением решетки).	ПК-1
7	Потери в турбине. Характеристики турбины	2	Потери в турбине. Характеристики турбины	Потери в турбине (выходные потери; потери от утечки газа; потери от трения диска и наружной поверхности бандажа о газ; потери, вызванные парциальностью ступени). Работа газа на лопатках турбины. Характеристики турбины (нормальные, универсальные).	ПК-1

6. Содержание семинарских, практических занятий

Учебным планом не предусмотрено проведение семинарских и практических занятий по дисциплине «Турбомашины».

7. Содержание лабораторных занятий

Цель проведения лабораторных занятий – освоение лекционного материала, касающегося принципа действия турбин, схем ступеней с различной степенью реактивности, схем многоступенчатых турбин, основных геометрических параметров профиля лопатки и решетки профилей лопаток, расчета параметров потока газа и турбины, а также выработка бакалаврами определенных умений, связанных с определением параметров турбины и потока газа в ее расчетных сечениях, освоением различных конструкций турбин, газотурбинных двигателей и установок, и навыков, связанных с проведением расчетных работ, чтением схем и чертежей турбин и газотурбинных приводов.

Режим проведения лабораторных занятий — один раз в неделю по 4 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Наименование лабораторной работы	Формируемые компетенции
1	Понятие о турбомашинах и их назначение	4	Схемы и конструкции газотурбинных установок	ОПК-1
3	Одноступенчатые осевые газовые турбины	4	Конструкции турбодетандеров	ОПК-1, ПК-1
		4	Конструкция и расчет параметров турбонасосного агрегата (ТНА) жидкостно-реактивного двигателя	ПК-1
		4	Элементарная рабочая решетка осевой газовой турбины и кинематика потока газа в решетке	ПК-1
4	Многоступенчатые газовые турбины	4	Конструкция авиационного двигателя	ОПК-1, ПК-1
		4	Конструкция газотурбинного двигателя для привода нагнетателя газоперекачивающего агрегата	ОПК-1

**Лабораторные работы проводятся в помещении учебной лаборатории кафедры с использованием специального оборудования.*

8. Самостоятельная работа бакалавра

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Формируемые компетенции
1	Применение газовых турбин в различных областях техники. Назначение турбины и компрессора в газотурбинном двигателе	14	Подготовка лабораторным работам к	ОПК-1
2	Схема радиальной центробежной турбины и особенности течения газа в ней. Преимущества, недостатки и область применения радиальных турбин	8	Подготовка лабораторным работам к	ОПК-1, ПК-1
3	Элементарная ступень осевой турбины. Кинематика потока газа в ступени	8	Подготовка лабораторным работам к	ПК-1
4	Схемы и область применения газотурбинного двигателя	14	Подготовка лабораторным работам к	ОПК-1
5	Конструкции основных узлов осевых компрессоров и турбин	22	Подготовка лабораторным работам к	ОПК-1

9. Использование рейтинговой системы оценки знаний

При оценке результатов деятельности студентов в рамках дисциплины «Турбомашины» используется рейтинговая система. Рейтинговая оценка формируется на основании текущего и промежуточного контроля. Максимальное и минимальное количество баллов по различным видам учебной работы описано в положении о рейтинговой системе.

Система рейтинга по дисциплине «Турбомашины»

Оценочные средства	Количество	Минимум баллов	Максимум баллов
Лабораторные работы	6	24	42
Собеседование по разделам дисциплины	7 разделов	36	58
Итого		60	100

10. Оценочные средства для контроля успеваемости по итогам освоения дисциплины

Оценочные средства для проведения контроля успеваемости разрабатываются согласно положению о Фондах оценочных средств, рассматриваются как составная часть рабочей программы и оформляются отдельным документом.

11. Информационно-методическое обеспечение дисциплины

11.1 Основная литература

При изучении дисциплины «Турбомашины» в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Основные источники информации	Кол-во экз.
1. Гузельбаев Я.З. Технологические процессы с центробежными компрессорами. /И.Г. Хисамеев. -Казань: Изд-во ФЭН, 2014. - 592 с.	23 экз. в УНИЦ КНИТУ
2. Кантюков Р.А. Компрессоры в технологических процессах: газораспределительные, компрессорные станции магистральных газопроводов и автомобильные газонаполнительные компрессорные станции. Учебник /Р.А. Кантюков, Р.Р. Кантюков, М.Б. Хадиев, И.В. Хамидуллин, В.А. Максимов: Казан. нац. исслед. технол. ун-т. Казань, 2014. - 645 с.	80 экз. в УНИЦ КНИТУ 197 экз. на кафедре КМУ
3. А.Г. Круглов. Теплотехника. Учебное пособие. 2-е изд., стер. /Р.И. Булгакова, Е.С. Круглова. СПб.: Издательство «Лань», 2012. - 208 с.	ЭБС «Лань» http://e.lanbook.com/books/3900 Доступ из любой точки Интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ
4. Михальцев В.Е. Теория и проектирование газовой турбины. Учебное пособие. - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008.	ЭБС «Консультант студента» http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703831243.html Доступ из любой точки Интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ

11.2 Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Дополнительные источники информации	Кол-во экз.
1. Хисамеев И.Г. Проектирование и эксплуатация промышленных центробежных компрессоров. Учебное пособие. Изд. 2-ое, испр. и дополн. /В.А. Максимов, Г.С. Баткис, Я.З. Гузельбаев. - Казань: Изд-во ФЭН, 2012. - 672 с.	29 экз. в УНИЦ КНИТУ 4 экз. на кафедре КМУ

2. Палладий А.В. Газовая динамика в турбокомпрессорах: учебное пособие /А.В. Палладий, С.Л. Фосс, М.А. Мизернюк; Федер. агенство по образованию, Казан. гос. технол. ун-т. - Казань: КГТУ, 2010. - 92 с.	70 экз. в УНИЦ КНИТУ 27 экз. на кафедре КМУ В ЭБ УНИЦ КНИТУ: http://ft.kstu.ru/ft/978-5-7882-0955-5-Palladiy_Foss_Mizernuk -GDVT.pdf
3. Б.С. Ревзин, И.Д. Ларионов. Газотурбинные установки с нагнетателями для транспорта газа. Справочное пособие. – М.: НЕДРА, 1991. – 303 с.	3 экз. в УНИЦ КНИТУ
4. К.В. Холщевников, О.Н. Емин, В.Т. Митрохин. Теория и расчет авиационных лопаточных машин. 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1986. – 432 с.	5 экз. в УНИЦ КНИТУ
5. Г.С. Скубачевский. Авиационные газотурбинные двигатели. Конструкция и расчет деталей. 5-е изд. – М.: Машиностроение, 1981. – 550 с.	7 экз. в УНИЦ КНИТУ
6. Г.С. Жирицкий, В.И. Локай, М.К. МаксUTOва, В.А. Струнkin. Газовые турбины двигателей летательных аппаратов. Изд. 2-е. – М.: Машиностроение, 1971. – 620 с.	58 экз. в УНИЦ КНИТУ
7. К.В. Холщевников. Теория и расчет авиационных лопаточных машин. – М.: Машиностроение, 1970. – 610 с.	9 экз. в УНИЦ КНИТУ
8. Г.С. Скубачевский. Авиационные газотурбинные двигатели. Конструкция и расчет деталей. Изд. 3-е. – М.: Машиностроение, 1969. – 543 с.	47 экз. в УНИЦ КНИТУ
9. Г.С. Жирицкий, В.А. Струнkin. Конструкция и расчет на прочность деталей паровых и газовых турбин. Изд. 3-е. – М.: Машиностроение, 1968. – 520 с.	76 экз. в УНИЦ КНИТУ

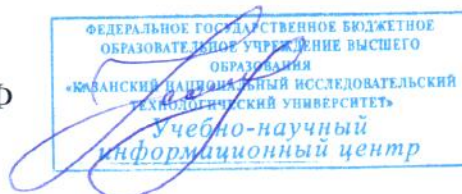
11.3 Электронные источники информации

При изучении дисциплины «Турбомашины» используются следующие электронные источники информации:

1. Электронный каталог УНИЦ КНИТУ - Режим доступа:
<http://ruslan.kstu.ru/>
2. Научная электронная библиотека - Режим доступа: <http://elibrary.ru>
3. ЭБС «Лань» - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/> books/
4. ЭБС «Znaniy.com» - Режим доступа: www.znaniy.com

5. ЭБС «КнигаФонд» - Режим доступа: www.knigafund.ru
6. ЭБ УНИЦ КНИТУ. - Режим доступа: <http://ft.kstu.ru/ft/>
7. ЭБС «Консультант студента». - Режим доступа:
<http://www.studentlibrary.ru>

Согласовано:
Зав.сектором ОКУФ



12. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

При изучении дисциплины «Турбомашины» предусмотрено использование дополнительных средств визуализации информации.

1. Плакаты –15 штук.
2. Детали и узлы газотурбинных двигателей.
3. Препарированные конструкции газотурбинных двигателей.

13. Образовательные технологии

Учебным планом по дисциплине «Турбомашины» предусмотрено 2 часа лекций и 10 часов лабораторных занятий, проводимых в интерактивной форме. Занятия проводятся методом дискуссии по темам лекций и лабораторных занятий с применением компьютерных технологий в рамках доказательной и иллюстративной базы.

Лист переутверждения рабочей программы

Рабочая программа по дисциплине «Турбوماшины»
(наименование дисциплины)

По направлению 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
(шифр) (название)

для профиля «Компрессорные машины и установки»

для набора обучающихся 2019 г

форма обучения — очная

пересмотрена на заседании кафедры «Компрессорные машины и установки»
(наименование кафедры)

№ п/п	Дата переутверждения РП (протокол заседания кафедры)	Наличие изменений	Наличие изменений в списке литературы	Подпись разработ- чика РП Фосс С.Л.	Подпись заведующего кафедрой Сагбиев И.Р.	Подпись начальника УМЦ Китаева Л.А.
1	Протокол № 11 от 28.06.2019 г.	Есть*	Нет			

* Пункт Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

<http://www.elibrary.ru>

Внесены дополнения в пункт Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Лицензированное свободно распространяемое программное обеспечение, используемое в учебном процессе при освоении дисциплины «Турбوماшины»

MS Office