

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

«21» ноября 2017г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине

**Б1.В.ОД.6 «Газодинамика сплошных сред»**

Направление подготовки	15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
Профиль подготовки	Вакуумная и компрессорная техника физических установок
Квалификация (степень) выпускника	<u>БАКАЛАВР</u>
Форма обучения	<u>очная</u>
Институт, факультет	ИХНМ, механический
Кафедра-разработчик рабочей программы	ВТЭУ
Курс, семестр	2к, 4с

Наименование	Часы	Зачетные единицы
Лекции	18	0,5
Практические занятия	–	–
Лабораторные занятия	36	1,0
Семинарские занятия	–	–
Самостоятельная работа	54	1,5
Форма аттестации: <i>зачет</i>	-	-
Всего	108	3

Казань, 2017 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (утвержден приказом МИНОБРНАУКИ России от 20 октября 2015 года № 1170) по направлению 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» для профиля «Вакуумная и компрессорная техника физических установок», на основании учебного плана набора обучающихся 2015-2017г.

Типовая программа по дисциплине отсутствует.

Разработчик программы:

доцент



Д.И. Сагдеев

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ВТЭУ

протокол от 15 ноября 2017г. № 2

Зав. кафедрой, профессор



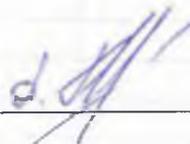
В.А. Аляев

УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания методической комиссии МФ

от «20» ноября 2017г. № 8

Председатель комиссии, доцент



А.В. Гаврилов

Начальник УМЦ, доцент



Л.А. Китаева

### 1. *Цели освоения дисциплины*

Целями освоения дисциплины Б1.В.ОД.6 «Газодинамика сплошных сред» являются

- а) формирование знаний об основных закономерностях течения газов по каналам,
- б) обучение технологии получения математического описания переносов тепла в газах и несжимаемых жидкостях в широком диапазоне изменения давлений,
- в) обучение способам применения расчетов потоков рабочего тела и тепла, расчетов проводимости и сопротивления элементов вакуумных систем,
- г) раскрытие сущности процессов, происходящих при движении газа или несжимаемой жидкости в проточных трактах вакуумного откачного оборудования, в дозвуковых и сверхзвуковых течениях газа, в скачках уплотнения, в диффузорах, конфузорах, соплах и газоструйных эжекторах.

### 2. *Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы*

Дисциплина Б1.В.ОД.6 «Газодинамика сплошных сред» относится к *вариативной части* ООП.

Для успешного освоения дисциплины Б1.В.ОД.6 «Газодинамика сплошных сред» бакалавр по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

- а) Б1.Б.5 Математика
- б) Б1.Б.6 Физика
- в) Б1.Б.22 Термодинамика
- г) Б1.В.ОД.9 Теплообмен
- д) Б1.Б.18 Механика жидкости
- е) Б1.Б.9 Информационные технологии

Дисциплина Б1.В.ОД.6 «Газодинамика сплошных сред» является предшествующей и необходима для успешного усвоения последующих дисциплин:

- а) Б1.В.ОД.7 Электрические явления в вакууме
- б) Б1.В.ДВ.10.2 Потоки в вакуумных системах
- в) Б1.В.ОД.11 Струйные и сорбционные вакуумные насосы
- г) Б1.В.ОД.13 Расчет и конструирование элементов вакуумного оборудования
- д) Б1.В.ОД.15 Вакуумные установки
- е) Б1.В.ДВ.9.1 Вакуумные технологии

Знания, полученные при изучении дисциплины, могут быть использованы при прохождении практик: производственной, преддипломной и выполнении выпускной квалификационной работы по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование».

### 3. *Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины*

В процессе изучения данной дисциплины студент должен овладеть следующими компетенциями:

- 1. ОПК-1- способностью к приобретению с большой степенью самостоятельности новых знаний с использованием современных образовательных и информационных технологий;

2. ПК-5- способностью принимать участие в работах по расчету и проектированию деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования.

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен:**

**1) Знать:**

- а) основные закономерности движения газа и несжимаемой жидкости;
- б) методологию, методику расчета характерных скоростей движения газа или несжимаемой жидкости в проточных трактах основного вакуум - технологического оборудования, аппаратов и установок;
- в) методы решения инженерных задач с использованием современных методов физического и математического моделирования на базе современные компьютерных программных продуктов для решения задач прикладной газовой динамики.

**2) Уметь:**

- а) самостоятельно выводить формулы и зависимости, характеризующие конкретные состояния газового потока в вакуум - технологическом оборудовании, аппаратах и установках;
- б) проводить эксперименты на лабораторных стендах, замерять и обрабатывать результаты опытов, рассчитывать основные параметры газового потока;
- в) использовать современные моделирующие программы для расчетов полей скоростей и давлений в проточных трактах вакуум - технологического оборудования, аппаратов и установок.

**3) Владеть:**

- а) приемами и навыками расчета процессов течения сплошных и разреженных сред в аппаратах и установках, работающих в условиях низкого вакуума;
- б) навыками анализа, физического и математического моделирования, масштабного перехода, рационального аппаратурного оформления вакуумных аппаратов и установок;
- в) современными методами расчета основных параметров дозвукового и сверхзвукового газового потока с применением информационных технологий.

**4. Структура и содержание дисциплины Б1.В.ОД.6 «Газодинамика сплошных сред»**  
 Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины (темы)	Семестр	Виды учебной работы (в часах)				Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам
			Лек-ции	Практ. занят.	Лаб. раб.	СРС	
1	Тема 1	4	8	-	12	15	Тестирование, практическая контрольная работа, индивид. задания, отчет по лабораторным работам
2	Тема 2	4	6	-	12	15	Тестирование, практическая контрольная работа, индивид. задания, отчет по лабораторным работам
3	Тема 3	4	4	-	12	24	Тестирование, практическая контрольная работа, индивид. задания, отчет по

							лабораторным работам
	<b>Итого:</b>		<b>18</b>	<b>-</b>	<b>36</b>	<b>54</b>	
	Промежуточная аттестация						<b>Зачет</b>

### 5. Содержание лекционных занятий по темам

№ п/п	Раздел дисциплины (темы)	Часы	Краткое содержание	Форм-ые комп-ии
1.	<u>Тема 1.</u> Основные уравнения газовой динамики.	8	Предмет курса и его связь с другими дисциплинами. Понятие о рабочем теле и модели жидкости. Одномерное течение невязкого газа. Основные термодинамические соотношения. Уравнение энергии. Уравнение Бернулли. Параметры торможения. Характерные скорости: скорость звука, критическая скорость, максимальная скорость, безразмерные соотношения. Газодинамические функции параметров торможения, функции потока массы.	ОПК-1
2.	<u>Тема 2.</u> Скачки уплотнения.	6	Уравнение Гюгонио и его анализ, переход через скорость звука. Прямой скачок уплотнения. Уравнение обращения воздействий. Движение газа в трубе при наличии трения. Распространение малых возмущений в газе. Обтекание тел дозвуковым и сверхзвуковым потоком газа. Косой скачок уплотнений.	ОПК-1, ПК-5
3.	<u>Тема 3.</u> Течение рабочего тела в элементах проточной части вакуумных установок	4	Принципы расчета газовых потоков в элементах проточной части. Уравнение обращения воздействий. Течение газа по трубам. Течение в суживающихся и расширяющихся каналах. Расчет и конструирование газоструйного и пароструйного эжектора.	ОПК-1, ПК-5

Лекционные занятия проводятся с использованием инновационной образовательной технологии – учебно-деловая игра, которая позволяет вести диалог с будущими бакалаврами по вопросам их будущей специальности.

**6. Содержание практических занятий** - не предусмотрены учебным планом.

### 7. Содержание лабораторных занятий

Лабораторные занятия проводятся с использованием инновационной образовательной технологии – учебно-деловая игра, которая позволяет вести диалог с будущими бакалаврами по вопросам их будущей специальности и их навыков в технике измерения параметров газового потока.

№ п/п	Тема	Часы	Наименование лабораторного занятия	Краткое содержание	Форм-ые комп-ии
-------	------	------	------------------------------------	--------------------	-----------------

1	Тема 1	4	<u>Лабораторная работа № 1.</u> Технология проведения измерений параметров воздушного потока (учебно-деловая игра)	Изучение методики измерения и устройством приборов для измерения параметров потока газа.	ОПК-1 ПК-5
2	Тема 1	4	<u>Лабораторная работа № 2</u> Тарирование пневмометрических приборов в аэродинамической трубе. (учебно-деловая игра)	Изучение методики тарирования пневмометрических измерения и устройством приборов для измерения параметров потока газа.	ОПК-1 ПК-5
3	Тема 1	4	<u>Лабораторная работа №3.</u> Исследование обтекания цилиндра воздушным потоком. (учебно-деловая игра)	Изучение методики измерения характеристик потока при обтекании цилиндра воздушным потоком.	ОПК-1 ПК-5
4	Тема 2	4	<u>Лабораторная работа №4.</u> Газодинамические функции для расчета течений газов. (учебно-деловая игра)	Изучение методики расчета течений газов при помощи газодинамических функций и расчет параметров газового потока.	ОПК-1 ПК-5
5	Тема 2	4	<u>Лабораторная работа №5.</u> Изучение параметров потока газа и потерь в плоском диффузоре. (учебно-деловая игра)	Изучение методики измерения параметров потока газа и потерь в плоском диффузоре.	ОПК-1 ПК-5
6	Тема 2	4	<u>Лабораторная работа № 6.</u> Исследование потока в неподвижном криволинейном канале.	Изучение методики экспериментального исследования потока в неподвижном криволинейном канале.	ОПК-1 ПК-5
7	Тема 3	4	<u>Лабораторная работа № 7.</u> Исследование течения воздуха в цилиндрической трубе.	Изучение методики экспериментального определения распределения статического давления вдоль трубы при дозвуковом течении с трением на критическом и докритическом режимах	ОПК-1 ПК-5
8	Тема 3	4	<u>Лабораторная работа №8.</u> Газодинамический расчет сопла Лавалья (учебно-деловая игра)	Изучение методики газодинамического расчета сопла Лавалья	ОПК-1 ПК-5
9	Тема 3	4	<u>Лабораторная работа № 9.</u> Исследование пограничного слоя на плоской стенке. (учебно-деловая игра)	Изучение методики экспериментального исследования поля скоростей и толщины пограничного слоя при обтекании плоской пластины потоком воздуха.	ОПК-1 ПК-5

Лабораторные занятия проводятся в помещении учебных лабораториях кафедры ВТЭУ: В-320, В-325 и В-323 с использованием специального оборудования: лабораторные стенды для изучения газодинамических процессов и экспериментального исследования

газоструйного вакуумного насоса. Обработка первичных опытных данных производится на ЭВМ.

### 8. Самостоятельная работа бакалавра

№ п/п	Темы дисциплины	Часы	Форма СРС	Форм-ые комп-ии
1	Тема 1. Основные уравнения газовой динамики.	15	проработка лекционного и другого теоретического материала подготовка к тестированию, подготовка к лабораторной работе, оформление отчета по лабораторной работе, подготовка к контрольной работе, Оформление индивидуального задания №1.	ОПК-1 ПК-5
2	Тема 2. Скачки уплотнения.	15	проработка лекционного и другого теоретического материала подготовка к тестированию, подготовка к лабораторной работе, оформление отчета по лабораторной работе, подготовка к контрольной работе, Оформление индивидуального задания №2. Оформление индивидуального задания №3.	ОПК-1 ПК-5
3	Тема 3. Течение рабочего тела в элементах проточной части вакуумных установок	24	проработка лекционного и другого теоретического материала подготовка к тестированию, подготовка к лабораторной работе, оформление отчета по лабораторной работе, подготовка к контрольной работе, Оформление индивидуального задания №4.	ОПК-1 ПК-5
	Итого	54		

### 9. Использование рейтинговой системы оценки знаний.

Значения текущего рейтинга выставляются преподавателем при выполнении всех контрольных точек и заданий (исходя из максимальной оценки 100 баллов).

#### Система оценки знаний в рамках изучения дисциплины Б1.В.ОД.6 «Газодинамика сплошных сред»

Вид работы	Кол-во	Максим. балл	Миним. сумма баллов	Максим. сумма баллов
Лабораторная работа	9	4	27	36
Тестирование	1	12	9	12
Практическая контрольная работа	1	12	8	12
Индивидуальное задание 1	1	10	4	10
Индивидуальное задание 2	1	10	4	10
Индивидуальное задание 3	1	10	4	10
Индивидуальное задание 4	1	10	4	10
Итого			60	100
Промежуточная аттестация (зачет)				

### 10. Информационно-методическое обеспечение дисциплины

При изучении дисциплины «Газодинамика сплошных сред» в качестве источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

#### 10.1. Основная литература

Основные источники информации	Кол-во экз.
1. Вакуумная техника. Оборудование, проектирование, технологии, эксплуатация. Ч.1. Инженерно-физические основы: учебное пособие / М.Х. Хаблянян, Г.Л. Саксаганский, А.В. Бурмистров; М-во образ. и науки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2013. – 232 с.	84 экз. в УНИЦ КНИТУ
2. Сагдеев Д.И. Газовая динамика сплошных сред : учеб.-метод. пособие / Д.И. Сагдеев; Казан. нац. исслед. технол. ун-т. — Казань, 2011. — 154 с.	115 экз. в УНИЦ КНИТУ ЭБ УНИЦ <a href="http://ft.kstu.ru/ft/Sagdeev-gazovaya-dinamika.pdf">http://ft.kstu.ru/ft/Sagdeev-gazovaya-dinamika.pdf</a> . Доступ с любой точки Интернет после регистрации по IP-адресам КНИТУ
3. Палладий А.В. Газовая динамика в турбокомпрессорах : учеб. пособие / А.В. Палладий; Казан. гос. технол. ун-т. — Казань, 2010. — 90 с.	70 экз. в УНИЦ КНИТУ ЭБ УНИЦ <a href="http://ft.kstu.ru/ft/978-5-7882-0955-5-Palladiy_Foss_Mizernuk-GDVT.pdf">http://ft.kstu.ru/ft/978-5-7882-0955-5-Palladiy_Foss_Mizernuk-GDVT.pdf</a> . Доступ с любой точки Интернет после регистрации по IP-адресам КНИТУ
4. Дьяконов В.Г. Основы теплопередачи: учеб. пособие / В.Г. Дьяконов, О.А. Лоншаков; Казан. нац. исслед. ун-т. – Казань: КНИТУ, 2011 – 232 с	149 экз. в УНИЦ КНИТУ

#### 10.2. Дополнительная литература

Дополнительные источники информации	Кол-во экз.
1. Строгалев, В.П. Основы прикладной газовой динамики: учебное пособие / В.П. Строгалев, И.О. Толкачева, Н.В. Быков. - М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. - 174 с.	ЭБС Консультант студента <a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703839805.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703839805.html</a> Доступ из любой точки интернета после регистрации с ip-адресов КНИТУ
2. Техника измерения вакуума/ Аляев В.А., Кузьмин В.В.; Казан. гос. технол. ун-т, Казань, 2009.- 374 с.	5 экз. в УНИЦ КНИТУ
3. Крайко А.Н. Теоретическая газовая динамика: классика и современность: монография/ А.Н. Крайко. - М.: ТОРУС ПРЕСС, 2010. — 429, [11] с.	2 экз. в УНИЦ КНИТУ

#### 10.3 Электронные источники информации

При изучении дисциплины «Газодинамика сплошных сред» рекомендовано использование электронных источников информации:

- Электронные каталоги: УНИЦ (<http://library.kstu.ru/>, <http://ruslan.kstu.ru/>),
- Электронно-библиотечная система (ЭБС) «КнигаФонд» ([www.knigafund.ru](http://www.knigafund.ru)).

Согласовано:  
Зав. сектором ОКУФ



## **11. *Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины***

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся разработаны согласно Положению о Фонде оценочных средств, рассматриваются как составная часть рабочей программы и оформлены отдельным документом.

## **12. *Материально-техническое обеспечение дисциплины***

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины используются мультимедийные средства; наборы слайдов и кинофильмов; демонстрационные приборы; при необходимости – средства мониторинга и т.д.

### **1. Лекционные занятия:**

- a. комплект электронных презентаций, слайдов, видеофильмов
- b. аудитория В-325 оснащена презентационной техникой (проектор Оверхед-проектор "MEDIUM Traveller 3", экран, компьютер/ноутбук)

### **2. Лабораторные работы:**

- a. лаборатория В-320 (Вакуум-технологических процессов и вакуумных измерений), оснащенная лабораторным оборудованием по газодинамике сплошных сред,
- b. лаборатория В-326 (вакуумные насосы), оснащенная лабораторным оборудованием по газодинамике сплошных сред,
- c. лаборатория В-323 (Компьютерный класс) оснащена 12 компьютерами и интерактивной доской,
- d. шаблоны расчетов и отчетов по лабораторным работам представлены в электронном виде,
- e. результаты расчетов оформляются на принтере.

### **3. Прочее:**

- a. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет,
- b. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде,

### **4. Средства визуализации информации:**

- a. Учебные видеофильмы:
  - Явления переноса в газах.(20 мин);
  - Физические явления в разреженных газах.(10 мин);
  - Вязкость газов и жидкостей.(20 мин);
  - Жидкое состояние вещества.(10 мин);
- b. Слайды в помощь к лекционному материалу.

## **13. *Образовательные технологии***

Удельный вес занятий (лабораторные работы – 20часов), проводимых с использованием интерактивной формы обучения (учебно-деловая игра), составляет 37% от аудиторных занятий.

## Лист переутверждения рабочей программы

Рабочая программа по дисциплине Б1.В.ОД.6 «Газодинамика сплошных сред»

По направлению 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»  
для профиля подготовки «Вакуумная и компрессорная техника физических установок»

для набора обучающихся 2019 года

для очной формы обучения

пересмотрена на заседании кафедры «ВТЭУ»

№п /п	Дата переутверждения РП (протокол заседания кафедры)	Наличие изменений	Наличие изменений в списке литературы	Разработчик РП Доц. Д.И. Сагдеев	Заведующий кафедрой Проф. В.А. Аляев	Начальник УМЦ Доц. Л.А. Китаева
1	№7 от 6.06.2019	Есть*	Нет**			

\*Пункт Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

<https://www.elibrary.ru/>

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

*Лицензированное свободно распространяемое программное обеспечение, используемое в учебном процессе при освоении дисциплины «Газодинамика сплошных сред»:*

- Офисные и деловые программы MS Office 2007 Russian;
- Офисные и деловые программы MS Office 2010-2016 Standard

\*\*Если в списке литературы есть изменения, обновленный список необходимо утвердить у заведующей сектором комплектования УНИЦ и один экземпляр представить в УМЦ/ОМг/ОАиД.