

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

« 24 » 09. 2018г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине Б1.В.ДВ.5.2 «Математическое моделирование»  
Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»  
(шифр) (наименование)  
Профиль подготовки «Компрессорные машины и установки»  
Квалификация выпускника БАКАЛАВР  
Форма обучения ОЧНАЯ  
Институт, факультет ИХНМ, МФ  
Кафедра-разработчик рабочей программы «Вакуумной техники электрофизических установок»  
Курс (семестр) 2 (3)

	Часы	Зачётные единицы
Лекции	18	0,5
Лабораторные занятия	36	1
Самостоятельная работа	54	1, 5
Форма аттестации	Экзамен	
	36	1
Всего	144	4

Казань 2018 г.

Рабочая программа составлена с учётом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, (№1170 от 20.10.2015 г.)  
(номер, дата утверждения)

По направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»  
(шифр) (наименование)  
профиля подготовки "Компрессорные машины и установки"  
на основании учебных планов набора обучающихся 2017, 2018 годов.

Разработчик программы:

Доцент (должность)  (подпись) М.Г. Фомина (Ф.И.О.)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ВТЭУ  
протокол от « 31 » августа 2018 г. № 1

Зав. кафедрой (должность)  (подпись) В.А. Аляев (Ф.И.О.)

### СОГЛАСОВАНО

Протокол заседания методической комиссии ФЭМТО  
от 10 сентября 2018 г. № 1

Председатель комиссии, доцент  (подпись) М.С. Хамидуллин (Ф.И.О.)

### УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания методической комиссии Механического факультета  
от 17 сентября 2018 г. № 8

Председатель комиссии, доцент  (подпись) А.В. Гаврилов (Ф.И.О.)

Начальник УМЦ, доцент  (подпись) Л.А. Китаева (Ф.И.О.)

## **1. Цели освоения дисциплины**

Целями освоения дисциплины «Математическое моделирование» являются:

- а) Получение знаний и навыков в области теории моделирования процессов, протекающих в объемных вакуумных насосах;
- б) Подготовка к самостоятельному созданию математических моделей рабочих процессов;

## **2. Место дисциплины в структуре ООП ВО**

Дисциплина «Математическое моделирование» является дисциплиной по выбору, относится к вариативной части ООП.

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

- а) Математика;
- б) Физика;
- в) Информационные технологии;
- г) Теоретическая механика.

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

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

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

2. ПК-2: умением моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, готовностью проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов.

### ***В результате освоения дисциплины обучающийся должен:***

#### **1) Знать:**

- а) методы математического моделирования рабочих процессов, их преимущества и недостатки, границы применимости;
- б) этапы математического моделирования объемных вакуумных насосов;
- в) методы оптимизации рабочего процесса с использованием математической модели.

#### **2) Уметь:**

- а) выбрать необходимый вид математической модели для решения конкретной задачи с учетом ее особенностей и границ применимости;
- б) проводить схематизацию этапов рабочего процесса;
- в) провести анализ адекватности результатов моделирования.

#### **3) Владеть:**

- а) расчета откачных и энергетических характеристик объемных вакуумных насосов,

- б) навыками математического моделирования состояния газа в объемных вакуумных насосов,  
 в) приемами оптимизации конструкции насосов на основе результатов моделирования.

4. **Структура и содержание дисциплины «Математическое моделирование»**  
 Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекция	Практическое занятие	Лабораторные работы	СРС	
1	Методы математического моделирования рабочих процессов, их преимущества и недостатки, границы применимости	3	1-2	2	-	-	8	Собеседование, тестирование, отчет по лабораторным работам
2	Метод конечных объемов	3	3	2	-	6	12	Собеседование, тестирование, отчет по лабораторным работам
3	Математического моделирования объемных ВН	3	4-5	4	-	6	4	Собеседование, тестирование, отчет по лабораторным работам
4	Расчет перетеканий	3	6-7	4	-	6	10	Собеседование, тестирование, отчет по лабораторным работам
5	Моделирование клапанов. Теплообмен	3	8	4	-	6	10	Собеседование, тестирование, отчет по лабораторным работам
6	Методы оптимизации рабочего процесса с использованием математической модели	3	9	2	-	12	10	Собеседование, тестирование, отчет по лабораторным работам
<i>Итого:</i>				18	-	36	54	<i>Экзамен, 36 ч.</i>

5. **Содержание лекционных занятий по темам**

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	1	2	Методы математического моделирования рабочих процессов, их преимущества и недостатки, границы применимости	Обзор типов математических моделей: геометрически-подобных, математически-подобных и физически-подобных. Преимущества и недостатки каждого типа и граница их применимости. Вопрос	ОПК-1, ПК-2

				определения адекватности модели.	
2	2	2	Метод конечных объемов	Метод конечных объемов применительно к моделированию течения газа в вязкостном и переходном режимах. Основные дифференциальные уравнения газовой динамики, используемые в данном методе и способы их решения. Этапы постановки и решения проблем гидрогазодинамики: выделение расчетной области, создание сетки, задание граничных условий, анализ сходимости решения, обработка результатов расчета. Современные программные комплексы вычислительной гидрогазодинамики: Ansys Fluent, CFX	ОПК-1, ПК-2
3	3	4	Математического моделирования объемных ВН	Этапы построения математической модели объемного ВН: выбор: постановка задачи исследования, разработка математической модели, выбор или разработка числового метода, исследование на математической модели, рассмотрение вопроса о переносе полученных на математической модели данных на реальный объект изучения и об использовании полученной информации в практической деятельности.	ОПК-1, ПК-2
4	4	4	Расчет перетеканий	Обзор методов расчета перетеканий через каналы ВН: цилиндрические, плоские и радиальные. Формулы расчета проводимости через данные каналы. Вопрос учета влияния движения стенок канала на проводимость.	ОПК-1, ПК-2
5	5	4	Моделирование клапанов. Теплообмен	Методика моделирования работы самодействующих клапанов. Расчет газовых сил, действующих на клапан. Динамика движения запорного элемента и проводимость клапана в различных положениях. Расчет теплообмена со стенками	ОПК-1, ПК-2
6	6	2	Методы оптимизации рабочего процесса с использованием математической модели	Методы оптимизации рабочего процесса. Подбор критериев оптимальности применительно к объемным ВН. Расчет оптимальных параметров для поршневого вакуумного насоса	ОПК-1, ПК-2

6. *Содержание практических занятий* учебным планом не предусмотрены

7. *Содержание лабораторных занятий*

Учебным планом по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» предусмотрено проведение лабораторных работ по дисциплине «Математическое моделирование» в объёме 36 часов.

Лабораторные занятия проводятся с использованием инновационной образовательной технологии – разбор конкретных ситуаций, которая позволяет вести диалог со студентами по вопросам их будущей специальности.

*Цель проведения лабораторных занятий* – освоение лекционного материала, касающегося теории и практики математического моделирования, а также выработка студентами определенных умений, связанных с созданием и использованием математических моделей физических процессов.

Лабораторные занятия проводятся в помещении учебной лаборатории кафедры «Компьютерный класс», с использованием ПЭВМ.

Режим проведения лабораторных занятий - один раз в 2 недели по 4 часа по мере изложения лекционного материала.

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Наименование лабораторной работы	Формируемые компетенции
1	2	6	Моделирование геометрии рабочей полости поршневого насоса	ОПК-1, ПК-2
2	3	6	Моделирование работы самодействующих клапанов	ОПК-1, ПК-2
3	4	6	Создание модели для расчета параметров газа в рабочей полости	ОПК-1, ПК-2
4	5	6	Моделирование теплообменных процессов	ОПК-1, ПК-2
5	6	6	Расчет индикаторных диаграмм и быстроты действия насоса	ОПК-1, ПК-2
6	6	6	Оптимизация параметров поршневого насоса	ОПК-1, ПК-2

## 8. Самостоятельная работа обучающегося в бакалавриате

№ п/п	Задания и темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Формируемые компетенции
1	Раздел дисциплины 1 Проработка лекционного и другого теоретического материала	8	СРС проводится с использованием доступных студентам ресурсов (литература, учебные фильмы и видеоконференции)	ОПК-1, ПК-2
2	Раздел дисциплины 2 Проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к лабораторной работе №1, оформление и сдача отчета по лабораторной работе	12	СРС проводится с использованием доступных студентам ресурсов (литература, учебные фильмы и видеоконференции)	ОПК-1, ПК-2
3	Раздел дисциплины 3 Проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к лабораторной работе, оформление и сдача отчета по лабораторной работе №2	4	СРС проводится с использованием доступных студентам ресурсов (литература, учебные фильмы и видеоконференции)	ОПК-1, ПК-2
4	Раздел дисциплины 4 Проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к лабораторной работе №3, оформление отчетов по лабораторной работе №3	10	СРС проводится с использованием доступных студентам ресурсов (литература, учебные фильмы и видеоконференции)	ОПК-1, ПК-2
5	Раздел дисциплины 5 Проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к лабораторной работе №4, оформление отчета по лабораторной работе №4	10	СРС проводится с использованием доступных студентам ресурсов (литература, учебные фильмы и видеоконференции)	ОПК-1, ПК-2
6	Раздел дисциплины 6 Проработка лекционного и другого теоретического материала, подготовка к лабораторным работам №5, №6, оформление отчета по лабораторным работам №5, №6	10	СРС проводится с использованием доступных студентам ресурсов (литература, учебные фильмы и видеоконференции)	ОПК-1, ПК-2
<b>Итого:</b>		<b>54</b>		

## 9. *Использование рейтинговой системы оценки знаний*

При оценке результатов деятельности студентов в рамках дисциплины «Математическое моделирование» используется рейтинговая система. При этом контролируется текущая работа студента в течение семестра (рейтинг  $R_{\text{тек}}$ ). Зачёт по дисциплине выставляется с учетом рейтинга студента по дисциплине  $R_{\text{дис}} = R_{\text{тек}}$ , на основании «Положения о балльно-рейтинговой системе оценки знаний студентов и обеспечения качества учебного процесса» (Утверждено решением УМК Ученого совета ФГБОУ ВО «КНИТУ», протокол №7 от 4 сентября 2017 г.).

При изучении дисциплины «Математическое моделирование» предусматривается применение нижеследующих оценочных средств для 6 лабораторных работ, тестирований, собеседований и экзамена:

<b>Описание оценочных средств</b>			
Отчёты по лабораторным работам, тестирование, собеседование, экзамен			
<b>Цифровое и словесное выражение оценки</b>	<b>Выражение в баллах балльно-рейтинговой системы</b>	<b>Описание оценки в требованиях к уровню и объёму компетенций</b>	<b>Описание примерной шкалы оценочных средств, с позиций балльно-рейтинговой системы (БРС)</b>
Отлично	От 87 до 100 баллов	Освоен <b>превосходный</b> уровень компетенций ПК-7 ПК-12	Лабораторные работы – 26-30 баллов. Тестирование – 16-18 Собеседование – 10-12 Экзамен – 35-40 баллов <b>Итого: 87-100 баллов</b>
Хорошо	От 73 до 87 баллов	Освоен <b>продвинутый</b> уровень компетенций ПК-7 ПК-12	Лабораторные работы – 21-26 баллов. Тестирование – 14-16 Собеседование – 8-10 Экзамен – 30-35 баллов <b>Итого: 73- 87 баллов</b>
Удовлетворительно	От 60 до 73 баллов	Освоен <b>пороговый</b> уровень компетенций ПК-7 ПК-12	Лабораторные работы – 18-21 баллов. Тестирование – 12-14 Собеседование – 6-8 Экзамен – 24-30 баллов <b>Итого: 60-73 балла</b>
Не зачтено	Менее 60 баллов	<b>Не освоен пороговый</b> уровень компетенций ПК-7 ПК-12	Лабораторные работы – 0-18 баллов. Тестирование – 0 -12 Собеседование – 0-6 Экзамен – 0-24 баллов <b>Итого: 0-60 баллов</b>

Значения текущего рейтинга выставляются преподавателем при выполнении всех контрольных точек и заданий (исходя из максимальной оценки 60 баллов).

## **10. Информационно-методическое обеспечение дисциплины**

### **10.1 Основная литература**

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

<b>Основные источники информации</b>	<b>Кол-во экз.</b>
1. Методы расчета сложных вакуумных систем / С.Б.Нестеров, А.В. Бурмистров и др. - М.: ОМР. ПРИНТ, 2012.-384 с.	200 экз. в УНИЦ КНИТУ
2. Розанов Л.Н. Вакуумная техника/Л.Н. Розанов. - М.. Высш. шк.. 2007. -392 с.	100 экз. в УНИЦ КНИТУ
3. Вакуумная техника. Оборудование, проектирование, технологии, эксплуатация. 4.1. Инженерно-физические основы: учебное пособие / М.Х. Хабляян, Г.Л. Саксаганский, А.В. Бурмистров; М-во образ, и науки России, Казан, нац. исслед. технол. ун-т. - Казань: Изд-воКНИТУ,2013.-232с.	84 экз. в УНИЦ КНИТУ

### **10.2 Дополнительная литература**

В качестве дополнительных источников информации, рекомендуется использовать следующую литературу:

<b>Дополнительные источники информации</b>	<b>Кол-во экз.</b>
4. Роторные вакуумные насосы: методические указания к лабораторным работам / сост. А.В. Бурмистров; Казан, гос. технол ун-т. - Казань, 2007. - 61 с.	50 экз. на кафедре ВТЭУ
5. Видин Ю. В. Инженерные методы расчета задач теплообмена [Электронный ресурс]: монография / Ю. В. Видин, В. В. Иванов, Р. В. Казаков. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2014. - 168 с.	ЭБС « <a href="http://znanium.com">Znanium.com</a> » <a href="http://znanium.com/catalog/product/50605">http://znanium.com/catalog/product/50605</a> 9 Доступ с любой точки Интернет после регистрации по IP-адресам КНИТУ
6. Бурмистров А.В. Бесконтактные вакуумные насосы: учеб. пособие / А.В. Бурмистров; Казан, гос. технол. ун-т.— Казань, 2010,-102 с.	71 экз. в УНИЦ КНИТУ

7. Вакуумная техника: справочник / К.Е. Демихов, Ю.В. Панфилов, Н.К. Никулин и др.; под общ. ред. К.Е. Демихова, Ю.В. Панфилова. 3-е изд., перераб. и доп. -М.: Машиностроение, 2009. - 590 с, ил.	148 экз. в УНИЦ КНИТУ
8. Техника измерения вакуума / Аляев В.А., Кузьмин В.В.; Казан, гос. технол. ун-т. - Казань, 2009.- 374с	5 экз. в УНИЦ КНИТУ

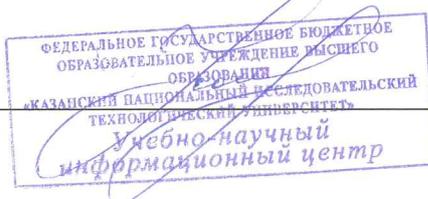
### 10.3 Электронные источники информации

При изучении дисциплины «Математическое моделирование» в качестве электронных источников информации, рекомендуется использовать следующие источники:

1. Электронный каталог УНИЦ КНИТУ – Режим доступа: <http://ruslan.kstu.ru/>
2. ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <http://znanium.com/>
3. Научная Электронная Библиотека (НЭБ) – Режим доступа: <http://elibrary.ru>
4. ЭБС «Юрайт» - Режим доступа: <http://www.biblio-online.ru>
5. ЭБС «Лань» - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/books/>
6. ЭБС «IPR books» - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru>

**Согласовано:**

Зав. Сектором ОКУФ \_\_\_\_\_



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

### *Лекционные занятия:*

При чтении лекций по дисциплине «Математическое моделирование» используются комплект электронных презентаций, слайдов, видеофильмов. Аудитория В-322 оснащена презентационной техникой (проектор Оверхед-проектор "MEDIUM Traveller 3" , экран, компьютер/ноутбук).

### *Лабораторные работы*

а) Лаборатория «Компьютерный класс», оснащена ПЭВМ в количестве 8 штук, широкоформатным плоттером (формат печати А1), двумя принтерами (формат печати А4), сканером, системой климат-контроля, оверхед-проектором Medium Traveller 3, проектор Toshiba S20, экраном настенным рулонным SlimScreen, ноутбуком Toshiba R ,-проектором BENQ MP611.

б) шаблоны расчетов и отчетов по лабораторным работам представлены в электронном виде,

### *Прочее*

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

### *Средства визуализации информации*

Интерактивная математическая модель поршневого вакуумного насоса.

## **13. Образовательные технологии**

Удельный вес занятий, проводимых с использованием интерактивной формы обучения (разбор конкретных ситуаций) составляет 10 часов: лекционных занятий - 2 часа, лабораторных занятий - 8 часов.