Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 22.09.2023 17:00:15
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
декан факультета
химической технологии и биотехнологии
_____ / Белуков С.В. /
«_30_» _____августа_____ 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Газодинамика»

Специальность
18.05.01 «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий»

Специализация
«Автоматизированное производство химических предприятий»

Квалификация (степень) выпускника
Специалист

Форма обучения
Очная

Москва 2020 г.

1. Цели освоения дисциплины.

К **основным целям** освоения дисциплины «Газодинамика» следует отнести:

– формирование знаний о законах газодинамики и современных математических зависимостях отображающих физические процессы, происходящие в потоках газов;

– формирование знаний о физических процессах, происходящих в современных пневматических (газовых) системах, а также использование этих знаний для решения практических задач.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Газодинамика» следует отнести:

– изучение теоретических систем дифференциальных уравнений описывающих движения газов;

– освоение методов использования этих дифференциальных уравнений для решения практических прикладных задач, а также методов расчета движения газа через элементы пневматических устройств;

– изучение устройства и принципов работы пневматических машин и систем, используемых в автоматизированных производствах химических предприятий.

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина «Газодинамика» является одной из общетехнических дисциплин и относится к разделу «Дисциплины по выбору» образовательной программы Блока 1.

Дисциплина «Газодинамика» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами ОП.

В базовой части блока Б1:

– Высшая математика;
– Физика;
– Информатика;
– Теоретическая механика;
– Термодинамика и теплопередача;
– Механика;
– Основы проектирования;
– Процессы и аппараты химической технологии;
– Проектная деятельность.

В вариативной части блока Б1:

– Конструирование и расчет элементов оборудования;
– Основы проектирования химических предприятий.

В части блока Б1 «Дисциплины по выбору»:

– Гидравлика и гидравлические машины;
– Технология химического машиностроения.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	**В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать**	**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**
ПК-16 (1)	способностью проводить математическое моделирование отдельных стадий и всего технологического процесса, с использованием стандартных пакетов автоматизированного расчета и проектирования	**знать:** • системы дифференциальных уравнений отображающих процессы, происходящие в движущихся газовых (воздушных) потоках **уметь:** • решать теоретические и практические задачи, используя системы дифференциальных уравнений движения газов **владеть:** • методами математического моделирования физических процессов, происходящих в потоках газов, с использованием стандартными программами решения систем дифференциальных уравнений

4. Структура и содержание дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, на четвертом курсе, т.е. 108 академических часов (из них 36 часов аудиторных занятий и 72 часов самостоятельной работы студентов).

Структура и содержание дисциплины «Газодинамика» по срокам и видам работы отражены в Приложении 1, перечень лабораторных работ приведен в Приложении 2.

Содержание разделов дисциплины:

Введение.

Основные сведения. Массовые и поверхностные силы, действующие в газах (сжимаемых) жидкостях. Методы описания движения газа.

Гидростатика.

Вывод основного свойства гидростатического давления. Вывод дифференциальных уравнений покоящегося газа (уравнения Эйлера). Частный случай – основной закон гидростатики.

Основные законы кинематики газа.

Вывод уравнения неразрывности. Уравнения неразрывности для установившегося течения сжимаемой жидкости (газа).

Основные законы динамики газа.

Вывод дифференциальных уравнений движения невязкой газа (уравнений Эйлера). Вывод дифференциальных уравнений движения вязкого газа в напряжениях. Обобщенный закон трения Ньютона. Взаимосвязь между напряжениями и скоростями. Вывод дифференциальных уравнений движения вязкого газа (уравнений Навье-Стокса).

Частные случаи уравнения Навье-Стокса для газа.

Уравнение Бернулли для струйки невязкой невязкого газа. Уравнение Бернулли для струйки вязкой газа. Уравнение Бернулли для потока вязкого газа.

Основные законы турбулентного движения вязкого газа.

Осредненные и пульсирующие составляющие параметров жидкости при турбулентном течении и правила проведения математических операций с ними. Дифференциальные уравнения установившегося движения вязкого газа с пульсацией параметров (уравнения Рейнольдса).

5. Образовательные технологии.

Методика преподавания дисциплины и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных и внеаудиторных занятий:

- индивидуальное обсуждение хода выполнение лабораторных работ и анализ полученных экспериментальных результатов;
- использования интерпрезентаций, разработанных кафедрой, во внеаудиторной работе (приведены на сайте кафедры);
- индивидуальные консультации и защита выполняемых заданий;
- обсуждение и защита рефератов по дисциплине (список тем рефератов приведен в Приложении 3);
- использование текущего контроля в форме бланкового тестирования (разработана серия бланковых тестов, утвержденных на заседаниях кафедры);
- использование итогового контроля в форме компьютерного тестирования (тесты имеются в бланковой форме на кафедре и установлены в центре тестирования университета, ауд. Н-510).

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен важной целью образовательной программы, и в целом по дисциплине составляет 50% аудиторных занятий. Занятия лекционного типа составляют 50% от объема аудиторных занятий.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

В процессе обучения используются различные оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций.

1. Бланковые тестирования по итогам проведения лабораторных работ (см. Приложение 2) учебного курса. Для данной дисциплины рекомендуются тесты циклов Г-1 и Г-2, утвержденные на заседании кафедры 28.08.2014, протокол №1.
2. Защита рефератов выполненных студентами в процессе обучения по темам, предложенным преподавателем (Приложение 3).

Для самостоятельной работы студентов используются методические указания, разработанные кафедрой и презентации по разделам дисциплины, размещенные на сайте кафедры.

По итогам учебного кура «Газодинамика» заключительный (теоретический) **зачет**. Контрольные билеты для проведения зачета в Приложении 4.

6.1. Фонд оценочных средств для проведения аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

6.1.1. Перечень компетенций, формируемых в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции**:**

Код компетенции	**В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать**
ПК-16 (1)	способностью проводить математическое моделирование отдельных стадий и всего технологического процесса, с использованием стандартных пакетов автоматизированного расчета и проектирования

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплины (модуля), в соответствии с и календарным графиком учебного процесса.

6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания.

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения дисциплине (модулю).

Показатель	**Критерии оценивания**			
	Неудовлетворительно	**Удовлетворительно**	**Хорошо**	**Отлично**
ПК-16 (1) – способность проводить математическое моделирование отдельных стадий и всего технологического процесса, с использованием стандартных пакетов автоматизированного расчета и проектирования				

знать: системы дифференциальных уравнений отображающих процессы, происходящие в движущихся газовых (воздушных) потоках	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие знания или недостаточное знание систем дифференциальных уравнений отображающих процессы, происходящие в движущихся газовых (воздушных) потоках.	Обучающийся демонстрирует неполное знание систем дифференциальных уравнений отображающих процессы, происходящие в движущихся газовых (воздушных) потоках, проявляет недостаточность знаний ряда физических процессов.	Обучающийся демонстрирует знание систем дифференциальных уравнений отображающих процессы, происходящие в движущихся газовых (воздушных) потоках, но допускает незначительные ошибки, неточности, затруднения при анализе физических процессов.	Обучающийся демонстрирует полное и глубокое знание систем дифференциальных уравнений отображающих процессы, происходящие в движущихся газовых (воздушных) потоках и свободно оперирует приобретёнными знаниями.
уметь: решать теоретические и практические задачи, используя системы дифференциальных уравнений движения газов	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет решать теоретические и практические задачи, используя системы дифференциальных уравнений движения газов.	Обучающийся демонстрирует неполное умение решать теоретические и практические задачи, используя системы дифференциальных уравнений движения газов, допускает значительные ошибки при решении теоретических задач.	Обучающийся демонстрирует умение решать теоретические и практические задачи, используя системы дифференциальных уравнений движения газов, но допускает незначительные ошибки, неточности при их решении.	Обучающийся в полном объеме демонстрирует умение решать теоретические и практические задачи, используя системы дифференциальных уравнений движения газов.
владеть: методами математического моделирования физических процессов, происходящих в потоках газов, с использованием стандартными программами решения систем дифференциаль-	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методами математического моделирования физических процессов, происходящих в потоках газов, с использованием стандартными программами решения систем дифференциальных уравнений	Обучающийся владеет в неполном объеме методами математического моделирования физических процессов, происходящих в потоках газов, с использованием стандартными программами решения систем дифференциальных уравнений, а также допускает	Обучающийся частично владеет методами математического моделирования физических процессов, происходящих в потоках газов, с использованием стандартными программами решения систем дифференциальных уравнений, но допускает незначительные	Обучающийся в полном объеме владеет методами математического моделирования физических процессов, происходящих в потоках газов, с использованием стандартными программами решения систем дифференциальных уравнений, свободно использует полу-

ных уравнений		значительные ошибки при решении практических задач.	ошибки при решении практических задач.	ченные навыки при решении задач повышенной сложности.

6.1.3. Шкалы оценивания результатов аттестации и их описание.

Форма аттестации: зачет (по итогам изучения дисциплины)**.**

Аттестация обучающихся в форме зачёта проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом и рабочей программой по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «зачтено» или «незачтено».

К аттестации (зачету) допускаются студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине (модулю) «Газодинамика». К обязательным видам учебной работы относятся:

- лабораторные работы, выполняемые в течение учебного семестра (перечень приведен в приложении 2);
- написан и обсужден реферат на выбранную тему (перечень тем приведен в Приложении 3).

Шкала оценивания	Описание
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине (модулю). Студент демонстрирует знания, умения, навыки, приведенные в таблице показателей (не ниже чем для критерия «удовлетворительно»), оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их для решения практических задач. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Незачтено	Не выполнен один или более обязательных видов учебной работы, предусмотренных рабочей программой по дисциплине (модулю). Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков, приведенным в таблице показате-

	лей (в том числе, для критерия «удовлетворительно»), допускает значительные ошибки, проявляет отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей. При этом студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Фонды оценочных средств представлены в приложении 5 к рабочей программе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) основная литература:

1. Беленкова Ю.А., Лепешкин А.В., Михайлин А.А. Гидравлика и гидропневмопривод. Учебник. – М.: издательский дом «БАСТЕТ», 2013. 406 с.
2. Шейпак А.А. Гидравлика и гидропневмопривод. Основы механики жидкости и газа. Учебник, 6-ое издание. – М.: ИНФРА-М, 2017 – 272с.

б) дополнительная литература:

1. Штеренлихт Д.В. Гидравлика. Учебник (главы 1-5). – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 640 с.
2. Лепешкин А.В., Михайлин А.А. Под ред. Беленкова Ю.А. Гидравлические и пневматические системы. 7-ое издание. Учебник. – М.: изд. “Академия”, 2013. 336 с.
3. Беленкова Ю.А., Лепешкин А.В., Михайлин А.А., Суздальцев В.Е. Лабораторные работы по курсу «Гидравлика», выполняемые на ПЭВМ. Методическое пособие для студентов высших учебных заведений машиностроительных специальностей. Под ред. Лепешкина А.В. – М., МАМИ, 2014 (в электронном виде). – 37 с.

г) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Разработана программа моделирования лабораторных работ на ЭВМ, дублирующих натурные лабораторные работы кафедры.

Интернет-ресурсы включают учебники, учебно-методические пособия и презентации.

На сайте университета в разделе: кафедра «Гидравлика» представлены следующие материалы:

– теоретические курсы (презентации по разделам дисциплины);
– лабораторный практикум (методические указания по проведению лабораторных работ и рекомендованные формы протоколов для оформления результатов лабораторных работ);

– пособия для самостоятельной работы (методическое пособие для выполнения расчетно-графических работ).

На сайте университета в разделе: библиотека представлены методические пособия, приведенные в подразделах данной программы «дополнительная литература» и «методические указания для самостоятельной работы».

Все учебники и учебные пособия, приведенные в подразделе основная литература данной программы, имеются на различных сайтах Интернета.

Полезные учебно-методические и информационные материалы по дисциплине представлены на сайтах:

yandex/ru/yandsearch?texst=гидрогазодинамика&lr=213
yandex/ru/yandsearch?texst=гидравлика+лекции&lr=213

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Специализированная лаборатория для выполнения лабораторных работ с соответствующими стендами, оборудованием и приборами (ауд. АВ-1101).

Специализированные компьютерные классы (ауд. АВ-1406 и АВ-1407), оснащенные персональными компьютерами (в каждой по шесть) с установленным программным обеспечением, необходимым для выполнения лабораторных работ по дисциплине.

9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов.

При подготовке к лабораторным работам, а также при обработке и анализе результатов экспериментальных исследований, студентам рекомендуется использовать методические разработки кафедры [3] или [4], указанные в подпункте 7*б* данной рабочей программы.

При написании реферата по выбранной теме в качестве начального шага может быть использован учебник [2], указанный в подпункте 7*б* данной рабочей программы.

10. Методические рекомендации для преподавателя.

При подготовке преподавания данной дисциплины рекомендуется использовать литературу, приведенную в пункте 7 данной рабочей программы.

При подготовке к чтению лекций в качестве базового учебника целесообразно использовать учебник [1] и [2] подпункта 7*а* данной рабочей программы.

Для проведения лабораторных работ следует использовать методические разработки [3], указанные в подпункте 7*б*.

Для проведения заключительного зачета следует использовать контрольные билеты, приведенные в Приложении 4.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по специальности 18.05.01 «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий».

Программу составил проф., д.т.н.

_____ /Лагуткин М.Г./

Программа дисциплины «Газодинамика» по специальности 18.05.01 «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий» (специализация «Автоматизированное производство химических предприятий») утверждена на заседании кафедры «АОиАТП»
«26»_августа_2020г., протокол № __1_____

Заведующий кафедрой
«Аппаратурное оформление и
автоматизация технологических производств»
проф., д.т.н. /Генералов М.Б./

Руководитель образовательной программы
к.т.н., доцент /Н.С. Трутнев/

Приложение 1

Структура и содержание дисциплины «**Газодинамика**»

по специальности **18.05.01 «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий»**
Специализация **«Автоматизированное производство химических предприятий»**

n/n	Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттестации	
				Л	П/С	Лаб	СРС	КСР	К.Р.	К.П.	РГР	Реферат	К/р	Э	З
1	**Введение.** Основные сведения. Массовые и поверхностные силы, действующие в газах (сжимаемых) жидкостях. Методы описания движения газа.	7	1-2	2	1	1	8	+				+			
2	**Гидростатика.** Вывод основного свойства гидростатического давления. Вывод дифференциальных уравнений покоящегося газа (уравнения Эйлера). Частный случай – основной закон гидростатики.	7	3-4	2	1	1	8	+				+			
3	**Основные законы кинематики газа.** Вывод уравнения неразрывности. Уравнения неразрывности для установившегося течения сжимаемой жидкости (газа).	7	5-6	2	1	1	8	+				+			
4	**Основные законы динамики газа.** Вывод дифференциальных уравнений движения невязкой газа (уравнений Эйлера). Вывод дифференциальных уравнений движения вязкого газа в напряжениях.	7	7-8	2	1	1	8	+				+			

5	**Основные законы динамики газа.** Обобщенный закон трения Ньютона. Взаимосвязь между напряжениями и скоростями.	7	9-10	2	1	1	8	+				+			
6	**Основные законы динамики газа.** Вывод дифференциальных уравнений движения вязкого газа (уравнений Навье-Стокса).	7	11-12	2	1	1	8	+				+			
7	**Частные случаи уравнения Навье-Стокса для газа.** Уравнение Бернулли для струйки невязкой невязкого газа. Уравнение Бернулли для струйки вязкой газа. Уравнение Бернулли для потока вязкого газа.	7	13-14	2	1	1	8	+				+			
8	**Основные законы турбулентного движения вязкого газа.** Осредненные и пульсирующие составляющие параметров жидкости при турбулентном течении и правила проведения математических операций с ними.	7	15-16	2	1	1	8	+				+			
9	**Основные законы турбулентного движения вязкого газа.** Дифференциальные уравнения установившегося движения вязкого газа с пульсацией параметров (уравнения Рейнольдса).	7	17-18	2	1	1	8	+				+			
	Итого			18	9	9	72					1			+

Приложение 2

Список лабораторных работ дисциплины (модуля)
«Газодинамика»

Специальность **18.05.01 «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий»**

Специализация **«Автоматизированное производство химических предприятий»**
Специалист Очная форма обучения

№	Шифр	Название лабораторной работы
1	Г-1	Демонстрация уравнения Бернулли. Построение пьезометрической линии и линии полного напора
2	Г-2	Режимы течения жидкости
3	Г-3	Определение потерь напора на трение по длине и в местных гидравлических сопротивлениях
4	Г-4	Определение коэффициента потерь в местном гидравлическом сопротивлении
5	Г-5	Определение коэффициента расхода при истечении через отверстие и насадки

Приложение 3

Список реферативных работ по дисциплине (модулю)
«Газодинамика»

По специальности **18.05.01**
«Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий»

Специализация
«Автоматизированное производство химических предприятий»

Специалист Очная форма обучения

№	Тема реферативной работы
1.	Уравнение состояния газа и применение его для проведения практических расчетов пневматических (газовых) технических устройств
2.	Особенности законов движения воздуха (газа) в технических устройствах и системах
3.	Течения газа через местные сопротивления технических систем
4.	Истечение газа на дозвуковых и сверхзвуковых скоростях
5.	Практические расчеты течения газа в трубопроводах и пневмолиниях
6.	Применение пневматических (газовых) систем в химических производствах
7.	Автоматизация производственных процессов с использованием пневматических (газовых) систем
8.	Автоматизация химических производств за использования пневматических (газовых) систем
9.	Тепловые процессы в компрессорах и охлаждение газа
10.	Центробежные лопастные компрессоры и их использование на производстве
11.	Осевые лопастные компрессоры и их использование на производстве
12.	Поршневые компрессоры и их использование на производстве
13.	Роторные компрессоры и их использование на производстве
14.	Пневматические турбины и области их использования
15.	Пневматические цилиндры и области их использования
16.	Пневмомоторы и области их использования
17.	Поворотные пневматические двигатели
18.	Газовые (пневматические) дроссели их назначение, конструкции и области использования
19.	Газовые (пневматические) клапаны их назначение, конструкции и области использования
20.	Газовые (пневматические) распределители их назначение, конструкции и области использования
21.	Газовые (пневматические) фильтры и сепараторы. Их применение

	в химических производствах
22.	Элементы пневматических (газовых систем): влагоотделители, влагоосушители и конденсатоотводчики
23.	Элементы пневматических (газовых систем): маслораспылители, смазочные питатели и глушители.
24.	Использование в системах автоматики мембранных пневматических элементов
25.	Использование в системах автоматики струйных пневматических элементов

Приложение 4

Контрольные билеты для зачета по дисциплине
«**Газодинамика**»
Специальность **18.05.01**
«Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий»
Специализация **«Автоматизированное производство химических предприятий»**
Специалист Очная форма обучения

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет «факультета химической технологии и биотехнологии
Дисциплина «Газодинамика»
Образ. программа " Автоматизированное производство химических предприятий "
Курс 4, семестр 7

КОНТРОЛЬНЫЙ БИЛЕТ № 1.

1. Массовые силы, действующие в газе.

2. Вывод дифференциальных уравнений движения вязкого газа с пульсацией параметров (уравнения Рейнольдса).

3. Частный случай дифференциальных уравнений движения невязкого газа (уравнение Бернулли для невязкого газа).

Утверждено на заседании кафедры «26» августа 2020г., протокол № 1.

Заведующий кафедрой «Аппаратурное оформление и
автоматизация технологических производств»
проф., д.т.н. /Генералов М.Б./