



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ДВАЖДЫ ГЕРОЯ  
СОВЕТСКОГО СОЮЗА, ЛЕТЧИКА-КОСМОНАВТА А.А. ЛЕОНОВА»

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. проректора

А.В. Троицкий

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 г.

**ИНСТИТУТ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ  
МАШИНОСТРОЕНИЯ**

**КАФЕДРА ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ И ГАЗА»**

**Специальность:** 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов

**Специализация №21:** Производство и технологическая отработка изделий ракетно-космической техники

**Уровень высшего образования:** специалитет

**Квалификация (степень) выпускника:** инженер

**Форма обучения:** очная, очно-заочная

Королёв  
2023

Рабочая программа является составной частью основной профессиональной образовательной программы и проходит рецензирование со стороны работодателей в составе основной профессиональной образовательной программы. Рабочая программа актуализируется и корректируется ежегодно.

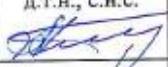
**Автор:** д.т.н. Лобанов И.Е. Рабочая программа дисциплины: «Механика жидкости и газа» – Королев МО: «Технологический университет», 2023.

**Рецензент:** д.т.н., с.н.с. Бершадский В.А.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов» и Учебного плана, утвержденного Ученым советом Университета.

Протокол № 9 от 11.04.2023 г.

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры:**

Заведующий кафедрой (ФИО, ученая степень, звание, подпись)	Мороз А.П. д.т.н., с.н.с. 				
Год утверждения (переутверждения)	2023	2024	2025	2026	2027
Номер и дата протокола заседания кафедры	№ 9 от 28.03.2023г.	№ __ от __. __.20__ г.			

**Рабочая программа согласована:**

Руководитель ОПОП ВО  Мороз А.П., д.т.н., с.н.с.

**Рабочая программа рекомендована на заседании УМС:**

Год утверждения (переутверждения)	2023	2024	2025	2026	2027
Номер и дата протокола заседания УМС	№ 5 от 11.04.2023г.	№ __ от __. __.20__ г.			

## **1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО**

*Целью изучения дисциплины «Механика жидкости и газа» является формирование у студентов знаний основных закономерностей механики жидких и газообразных рабочих тел, а также приобретение способностей и навыков в решении технических задач, связанных с профессиональной деятельностью.*

*В процессе обучения студент приобретает и совершенствует следующие компетенции:*

### **Общепрофессиональные компетенции (ОПК):**

**ОПК-1.** Способность применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности.

**ОПК-4.** Способность осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла технических объектов авиационной и ракетно-космической техники.

**ОПК-5.** Способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач.

**ОПК-6.** Способность осуществлять критический анализ научных достижений в области авиационной и ракетно-космической техники.

### ***Основными задачами изучения дисциплины являются:***

- ознакомление с основными явлениями и законами, характерными для жидких и газообразных рабочих тел в случаях различных вариантов действия поверхностных и массовых сил;

- ознакомление с физическими процессами взаимодействия жидких и газообразных рабочих тел с твёрдым телом и с моделированием процессов при режимах течения в каналах технических устройств и в окружающем пространстве;

- освоение способов расчётного определения гидравлических и энергетических характеристик элементов технических устройств.

***Показатель освоения компетенции отражают следующие индикаторы:***  
**Трудовые действия:**

- Иметь навыки моделирования и проектирования при решении инженерных задач для процессов, связанных с механикой жидкости и газа.
- Иметь навыки теоретического и экспериментального исследования процессов в объектах профессиональной деятельности.

#### **Необходимые умения:**

- Решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов физико-математического анализа и моделирования.
- Применять на практике математические и физические модели, методы и средства проектирования и автоматизации инженерных задач, связанных с механикой жидкости и газа.

#### **Необходимые знания:**

- Обладать знанием основ математики, физики, вычислительной техники и программирования.
- Обладать знанием основных методов математического моделирования и решения инженерных задач, связанных с механикой жидкости и газа в области авиационной и ракетной техники.

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

Дисциплина «Механика жидкости и газа» относится к базовой части блока 1 основной профессиональной образовательной программы подготовки по специальности 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов». Она базируется на дисциплинах: «Физика», «Химия», «Теоретическая механика», «Термодинамика и теплопередача» и ранее изученных студентами дисциплинах, позволивших частично приобрести необходимые компетенции УК-1, УК-2, УК-6, УК-8, ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6.

Знания и компетенции, получаемые при освоении дисциплины «Механика жидкости и газа», являются базовыми при изучении дисциплин: «Пневмогидравлические системы», «Основы теории полета КА и баллистики ракет», «Ракетные двигатели», «Расчет, конструкция и проектирование ракетных двигателей», «Экспериментальная отработка ракетной техники», а также ряда профессиональных дисциплин специальности и выполнения выпускной квалификационной работы специалиста.

## **3. Объем дисциплины и виды учебной работы**

Общая трудоемкость дисциплины для обучающихся очной формы составляет 4 зачетные единицы, 144 ч. Преподавание дисциплины ведется на 3-ем курсе, в 5-ом семестре. Предусматриваются занятия следующих видов: лекции,

практические занятия, самостоятельная работа студентов. Текущий контроль знаний – решение задач, тестирование; итоговый контроль знаний – зачет с оценкой.

Общая трудоемкость дисциплины для обучающихся очно-заочной формы составляет 4 зачетные единицы, 144 ч. Преподавание дисциплины ведется на 3-ом курсе, в 5-ом семестре. Предусматриваются занятия следующих видов: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студентов.

**Таблица 1**

<b>Виды занятий</b>	<b>Всего часов</b>	<b>Семестр 5</b>	<b>Семестр ...</b>	<b>Семестр ...</b>	<b>Семестр ...</b>
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>144</b>	<b>144</b>			
<b>ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ</b>					
<b>Аудиторные занятия</b>	<b>64</b>	<b>64</b>			
Лекции (Л)	32	32			
Практические занятия (ПЗ)	32	32			
Лабораторные работы (ЛР)					
Практическая подготовка					
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>80</b>	<b>80</b>			
Курсовые работы (проекты)					
Расчетно-графические работы					
Контрольная работа	+	+			
<b>Текущий контроль знаний</b>	<b>Тест</b>	<b>+</b>			
<b>Вид итогового контроля</b>	<b>Экзамен /зачет</b>	<b>Зачёт с оценкой</b>			
<b>ОЧНО-ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ</b>					
<b>Виды занятий</b>	<b>Всего часов</b>	<b>Семестр 5</b>	<b>Семестр ...</b>	<b>Семестр ...</b>	<b>Семестр ...</b>
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>144</b>	<b>144</b>			
<b>Аудиторные занятия</b>	<b>36</b>	<b>36</b>			
Лекции (Л)	16	16			
Практические занятия (ПЗ)	20	20			
Лабораторные работы (ЛР)					
Практическая подготовка					
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>108</b>	<b>108</b>			
Курсовые работы (проекты)					
Расчетно-графические работы					
Контрольная работа	+	+			
<b>Текущий контроль знаний</b>	<b>Тест</b>				
<b>Вид итогового контроля</b>	<b>Экзамен /зачет</b>	<b>Зачёт с оценкой</b>			

## 4. Содержание дисциплины

### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Наименования разделов, виды занятий и коды компетенций по дисциплине приведены в таблице 2. Продолжительность занятий студентов очной и очно-заочной форм обучения указаны в столбцах таблицы 2 в виде дроби (очная/очно-заочная).

Таблица 2

Наименование разделов	Лекции, часы	Практ. занятия, часы	Занятия в интеракт. форме, часы	Практическая подготовка, часы	Код компетенций
1. Основные положения механики жидкости и газа, физические свойства жидкости и действующие силы.	2/2	4/2	1/-		ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6
2. Основное уравнение гидростатики. Абсолютный и относительный покой (равновесие) жидких сред.	2/2	4/2	2/1		ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6
3. Уравнения движения жидкости – сохранения массы и энергии, количества движения и момента количества движения.	4/2	4/4	2/1		ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6
4. Режимы движения жидкости в каналах. Подобие гидромеханических процессов.	4/2	4/2	2/1		ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6
5. Механизм истечения жидкости и газа через отверстия и технические устройства.	4/2	4/2	2/1		ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6
Тема 6. Виды гидравлических сопротивлений. Особенности расчёта простых и сложных трубопроводов.	4/2	4/2	2/1		ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6
7. Особенности относительного и неустановившегося движений жидкости.	4/1	4/2	2/1		ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6
8. Взаимодействие потока с ограничивающими стенками. Механизм работы лопаточных технических устройств.	4/2	2/2	2/1		ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6
9. Относительное движение жидкости и твёрдого тела. Создание подъёмной силы крыла.	4/1	2/2	1/1		ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6
<b>Итого:</b>	<b>32/16</b>	<b>32/20</b>	<b>16/8</b>		

## 4.2. Содержание тем дисциплины

Тема 1. Основные положения механики жидкости и газа, физические свойства и действующие в них силы.

Тема 2. Определение основных понятий и свойств гидростатики: основные уравнения гидростатики, давление жидкости на стенку ёмкости, относительный покой жидкости в ёмкости, пример практического применения закономерностей гидростатики.

Тема 3. Определение основных понятий и свойств кинематики и гидродинамики: необходимые понятия, уравнения сохранения массы и энергии для жидкости и газа, примеры практического применения уравнения сохранения энергии.

Тема 4. Характеристика режимов течения жидкости в каналах и основы моделирования гидродинамики потока: режимы течения жидкости в трубах, определение условий гидродинамического подобия, ламинарное течение жидкости и распределение вектора скорости жидкости по площади сечения, турбулентное течение жидкости и влияние шероховатостей в трубе, местные гидравлические сопротивления.

Тема 5. Гидравлический расчёт трубопроводов в случаях: постоянного внутреннего диаметра и диаметра разной величины; параллельного соединения трубопроводов с закольцовкой и разветвлением; трубопровода с насосной подачей жидкости; использования трубопровода для газа.

Тема 6. Относительное, переносное и неустановившееся движение жидкости в каналах в случаях: прямолинейного равноускоренного движения канала; равномерного вращательного движения канала; движения жидкости в условиях невесомости; неустановившегося движения жидкости; образования гидравлического удара в трубах.

Тема 7. Виды и механизмы истечения жидкости и газа через отверстия и технические устройства: особенности истечения жидкости через отверстия и насадки; особенности истечения жидкости через струйные и центробежные форсунки, определение параметров форсунок; особенности истечения жидкости через клапаны; особенности образования струи жидкости после истечения через отверстия; особенности истечения газа через отверстия и сопла; характер изменений параметров потока при течении газа в сопле и при различных режимах истечения газа через сопло.

Тема 8. Взаимодействие потока со стенками при его вынужденном движении в каналах.

Тема 9. Особенности функционирования насоса и турбины: механизм работы и основные параметры, определяющие напор насоса; механизм работы и основные параметры, определяющие работу турбины.

Тема 10. Уравнение количества движения и его применение: изменение количества движения и свойства потока; уравнение для реактивной силы и определение её величины; уравнения для определения тяги воздушно реактивного и ракетного двигателей.

Тема 11. Относительное движение твёрдого тела и жидкости: общие физические представления о механизме процесса; определение сопротивления движению; особенности отрыва пограничного слоя; особенности обтекания единичного профиля в форме лопатки и образования подъёмной силы.

#### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы по дисциплине (модулю):**

- Лекции, подготовленные преподавателем в соответствии с темами 1-9, которые указаны в разделе 4.2.
- Текущие задания преподавателя на подготовку к практическим занятиям по темам 1-9.
- Методические указания для студентов по освоению дисциплины «Механика жидкости и газа», приведенные в «Приложении 2» к настоящей рабочей программе

#### **6. Фонд оценочных средств аттестации, обучающихся по дисциплине**

Фонд оценочных средств проведения промежуточной аттестации обучающихся дисциплине «Механика жидкости и газа» приведен в «Приложении 1» к настоящей рабочей программе.

#### **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

##### ***Основная литература:***

1. Некрасов Б.Б. Гидравлика и её применение на летательных аппаратах: учебник для авиационных вузов: репринт // М: Изд-во «Транспортная компания». 2021. 367с.
2. Нигматулин Р.И., Соловьёв А.А. Основы гидромеханики // М: Изд-во «Литера». 2012. 400 с.
3. Крестин Е.А., Крестин И.Е. Задачник по гидравлике с примерами расчётов: учебное пособие // СПб: Изд-во «Лань». 2018. 320 с.

##### ***Дополнительная литература:***

1. Сборник задач по гидравлике для технических вузов / Под редакцией И.И. Куколевского // М: Издательство МГТУ им. Баумана. 2009. 430 с.
2. Чефанов В.М. Основы технической механики жидкости и газа // Спб: Изд-во Лань. 2020 г. 350 с.
3. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика // М: Наука, 1991 – 600 с.

4. . Гидравлика, гидромашины и гидропривод: учебник для машиностроительных вузов / Т.С. Башта, С.С. Руднев, Б.Б. Некрасов и др. // М: Издательский дом «Альянс». 2012. 423 с.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

### *Интернет-ресурсы:*

<http://www.biblioclub.ru/>  
<http://www.rucont.ru/>  
<http://www.znaniium.com/>  
<http://www.book.ru>  
<http://e.lanbook.com/>  
<http://www.biblio-online.ru>  
Ebrary  
<http://ies.unitech-mo.ru/>  
<http://unitech-mo.ru/>

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Методические указания для обучающихся, по освоению дисциплины, приведены в Приложении 2.

## **9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

*Перечень программного обеспечения:* MSOffice, RAMUS.

*Информационные справочные системы:*

1. Информационные ресурсы образовательной среды «МГОТУ».
2. Информационно-справочные системы «Консультант+», «Гарант».
3. Рабочая программа и методическое обеспечение по дисциплине «Механика жидкости и газа».

## **11 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

*Лекционные занятия.* Аудитория оснащена:

- презентационной техникой (проектор, экран);
- комплект электронных презентаций/слайдов.

*Практические занятия.* Аудитория оснащена:

- компьютерным классом с проектором для интерактивного обучения, оборудованным современными лицензионными программно-техническими средствами;

рабочие места преподавателя и студентов, оснащённые компьютерами с доступом в Интернет.

**Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации  
обучающихся по дисциплине (модулю)**

**ИНСТИТУТ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ  
МАШИНОСТРОЕНИЯ**

**КАФЕДРА ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)  
«МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ И ГАЗА»**

**Направление подготовки:** 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов»

**Специализация №21:** «Производство и технологическая отработка изделий ракетно-космической техники»

**Уровень высшего образования:** специалитет

**Квалификация (степень) выпускника:** инженер

**Форма обучения:** очная, очно-заочная

Королёв  
2023

**Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы**

**Таблица 1**

Индекс компетенции	Содержание компетенций	Темы, обеспечивающие формирование компетенций	Результаты изучения дисциплины, обеспечивающие формирование компетенций		
			Трудовые действия	Необходимые умения	Необходимые знания
ОПК-1	Способность применять естественнонаучные и общетеоретические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности.	Тема 1 Тема 2 Тема 3 Тема 4 Тема 5 Тема 6 Тема 7 Тема 8 Тема 9 Тема 10 Тема 11	Владеет навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности	Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общетеоретических знаний, методов математического анализа и моделирования	Знает основы математики, физики, вычислительной техники и программирования
ОПК-4	Способность осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла технических объектов авиационной и ракетно-космической	Тема 1 Тема 2 Тема 3 Тема 4 Тема 5 Тема 6 Тема 7 Тема 8 Тема 9 Тема 10 Тема 11	Владением основными методами организации безопасности жизнедеятельности людей, их	Способностью предусмотреть меры по сохранению и защите экосистемы в ходе своей	Способностью к анализу социально-значимых процессов и явлений

	техники.		защиты от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий;	общественной и профессиональной деятельности	
ОПК-5	Способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач.	Тема 1 Тема 2 Тема 3 Тема 4 Тема 5 Тема 6 Тема 7 Тема 8 Тема 9 Тема 10 Тема 11	Иметь навыки: моделирования и проектирования процессов, для решения инженерных задач	Уметь: применять на практике математические и физические модели, методы и средства проектирования и автоматизации инженерных задач	Знать: методологию и основные методы математического моделирования, классификацию и условия применения моделей, основные методы и средства проектирования информационных и автоматизированных систем, для решения инженерных задач
ОПК-6	Способность осуществлять критический анализ научных достижений в области авиационной и ракетно-космической техники	Тема 1 Тема 2 Тема 3 Тема 4 Тема 5 Тема 6 Тема 7 Тема 8	Владением целостной системой научных знаний в области авиаци-	Способностью использовать базовые положения математики,	Способностью критически оценивать основные теории и концеп-

		Тема 9 Тема 10 Тема 11	онной и ракетной техники	естественных, гуманитарных и экономических наук при решении профессиональных задач.	ции, границы их применения
--	--	------------------------------	--------------------------	---	----------------------------

### 1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код компетенции	Инструмент, оценивающий сформированность компетенции	Этапы и показатель оценивания компетенции	Критерии оценки и шкалы
ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5 ОПК-6	Решение задач	А) полностью сформирована – 5 баллов; Б) частично сформирована – 3 или 4 балла; В) не сформирована -0 балла.	Максимальная оценка – 5 баллов. Критерии оценки: 1.Правильный выбор метода решения (1балл). 2.Умение объяснить логический ход решения (2 балла). 3.Получение правильного результата при решении (2 балла).
ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5 ОПК-6	Тестирование	А) полностью сформирована - 90% правильных ответов; Б) частично сформирована - 70% правильных ответов; В) не сформирована - менее 50% правильных ответов.	Максимальная оценка – 5 баллов. Критерии оценки: -удовлетворительно от 50% правильных ответов; - хорошо от 70% правильных ответов; - отлично - от 90% правильных ответов.

### 2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

#### 2.1 Примеры вариантов контрольных заданий

**Задача 1.** Определите величину давления керосина внизу топливного бака на входе в трубу диаметром  $d = 80$  мм.

Исходные данные для решения задачи: топливный бак диаметра  $D = 3\text{ м}$  и длиной  $L = 5\text{ м}$  заправлен керосином до высоты  $4,5\text{ м}$ ; в баке поддерживается постоянное давление  $p_0 = 3\text{ кг/см}^2$  путём наддува газообразным азотом; при движении летательного аппарата бак приобрёл ускорение  $6\text{ м/с}^2$  вдоль вертикальной оси бака, наклонённой под углом  $60^\circ$  к горизонтальной плоскости.

**Задача 2.** Объясните возникновение гидроудара в трубах, механизм этого явления и виды гидроудара. Решите задачу при следующих условиях:

- определить величину повышения давления в трубопроводе подачи горючего в двигатель при времени закрытия расходного клапана  $0,002\text{ с}$ ;
- определить характер гидроудара (прямой или нет).

Исходные данные для решения задачи: плотность горючего - керосина  $850\text{ кг/м}^3$  и его расход  $50\text{ л/с}$ ; диаметр трубопровода  $80\text{ мм}$ , толщина стенки  $2\text{ мм}$ , длина  $3\text{ м}$ ; модуль упругости жидкости  $1,5 \cdot 10^5\text{ кг/см}^2$  и материала стенки  $2,2 \cdot 10^6\text{ кг/см}^2$ .

**Задача 3.** Определить размеры струйных форсунок и угол наклона форсунки окислителя  $\alpha_0$  при угле наклона форсунки горючего  $\alpha_r = 30^\circ$  и  $\alpha_\Sigma = 0$ . Основные режимы истечения окислителя и горючего:  $m_r = 0,0435\text{ кг/с}$ ;  $m_o = 0,073\text{ кг/с}$ ;  $\Delta p_r = 0,5\text{ МПа}$ ;  $\Delta p_o = 0,7\text{ МПа}$ ;  $\mu_\phi = 0,8$ ;  $\rho_r = 800\text{ кг/м}^3$ ;  $\rho_o = 1130\text{ кг/м}^3$ .

**Задача 4.** Определите отношение максимальных скоростей для случаев истечения из камеры двигателя газов воздуха и водорода с давлением  $5\text{ МПа}$  и температурой в камере  $300\text{ К}$  в среду с давлением  $0,24\text{ МПа}$  соответственно через суживающееся сопло -  $w_c$  и сопло Лаваля -  $w_\Delta$ . Оценить отношение тех же скоростей истечения при температуре газов в камере  $1500\text{ К}$ .

**Задача 5.** Определить величину результирующей силы действующей потока на плавно изогнутый трубопровод при расходе воды  $Q = 50\text{ л/с}$ . Диаметры трубы на входе и выходе  $d_1 = 30\text{ мм}$ ,  $d_2 = 15\text{ мм}$ . Давление на входе и выходе соответственно  $p_1 = 0,3\text{ МПа}$ ,  $p_2 = 0,1\text{ МПа}$ .

### 3.2 Примеры вопросов для проведения тестирования

1. Гидростатический напор это результат действия:

- веса столба жидкости на площадь его сечения,
- силы давления газа на свободную поверхность жидкости,
- силы давления газа на свободную поверхность и веса столба жидкости на площадь его сечения.

2. Полный напор потока при движении жидкости может быть определён с использованием уравнения:

- сохранения энергии,
- сохранения энергии и расхода,
- сохранения энергии, расхода и изменения количества движения.

3. Укажите основную особенность, которая принята для определения ламинарного или турбулентного режима течения жидкости в трубопроводе:

- ламинарный режим имеет место при слоистом течении без перемешивания жидкости,
- турбулентный режим сопровождается интенсивным перемешиванием,
- турбулентный режим реализуется при величинах числа Рейнольдса  $Re > 2300$ .

4. Определите условия, для которых приведена графическая интерпретация уравнения Бернулли на рисунке 1:

- течение идеальной жидкости в трубе,
- течение реальной жидкости в трубе,
- течение реальной жидкости в трубе с потерей напора.

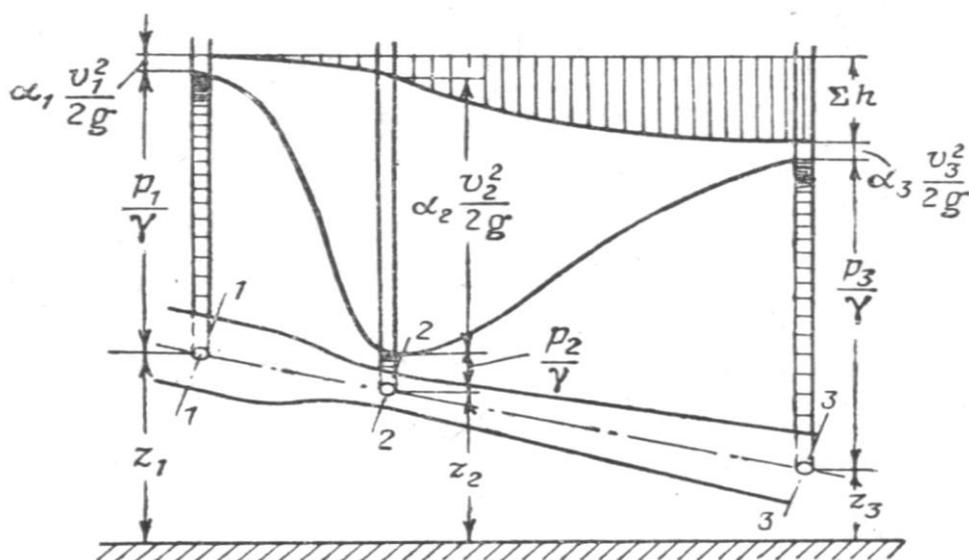


Рисунок 1.

5. Безразмерное число Рейнольдса ( $Re$ ), применяемое при моделировании течений в гидравлических устройствах, представляет собой соотношение каких сил:

- давления и инерции,
- инерции и трения,
- инерции и веса.

6. Для каких трубопроводов на рисунке 2 представлено графическое решение задачи по определению перепада давления в них и их пропускной способности:

- соединённых последовательно,
- соединённых параллельно,
- разветвлённых.

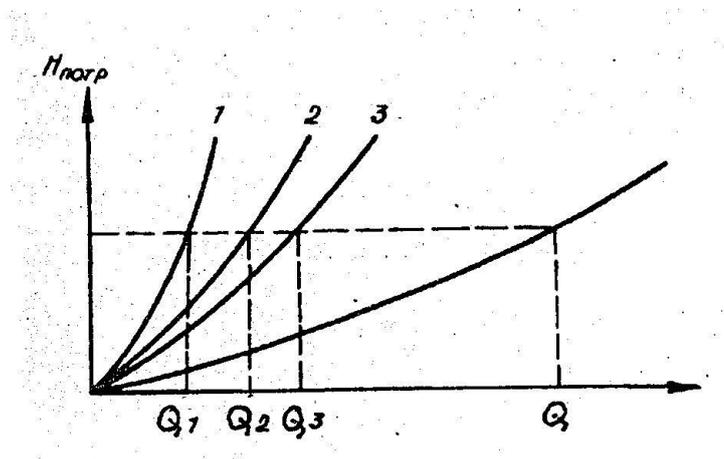


Рисунок 2.

7. Как изменится величина гидравлического удара в трубопроводе при увеличении длины трубопровода:

- не изменится,
- уменьшится,
- увеличится.

8. Как изменится скорость относительного движения жидкости в трубопроводе при уменьшении скорости движения трубопровода:

- не изменится,
- уменьшится,
- увеличится.

### 3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Формой контроля знаний по дисциплине «Механика жидкости и газа» являются две текущие аттестации в форме теста и контрольной, итоговый контроль осуществляется в виде зачета в устной форме.

Таблица 3

Неделя текущего/промежуточного контроля	Вид оценочного средства	Код компетенций, оценивающий знания, умения, навыки	Содержание оценочного средства	Требования к выполнению	Срок сдачи результатов	Критерии оценки по содержанию и качеству с указанием баллов
В соответствии с графиком учебного процесса	Контрольная	ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5 ОПК-6	30 заданий для решения задач	Домашние задания с докладом устно в аудитории	На практических занятиях в аудитории	Максимальная оценка – 5 баллов. Критерии оценки: 1.Правильный выбор метода решения (1балл). 2.Умение объяснить логический ход решения (2 балла). 3.Получение правильного результата при решении (2 балла). 4.Задача не решена (0 баллов).
В соответствии с графиком учебного процесса	Тестирование	ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5 ОПК-6	35 тестов для ответа на вопросы	Письменно в аудитории в течение 40 минут	На следующий день после проведения	Максимальная оценка – 5 баллов. Критерии оценки: -удовлетворительно - от 50% правильных ответов; - хорошо - от 70% правильных ответов; - отлично - от 90% правильных ответов.
В соответствии с графиком учебного процесса	Зачёт с оценкой	ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5 ОПК-6	2 вопроса в каждом билете	Устно в аудитории в течение 20 минут	В день проведения	Максимальная оценка – 5 баллов. Критерии оценки: - полный ответ на вопросы в билете 2 балла; - умение применять полученные знания на практике 1 балл; - результаты работы на практических занятиях 1 балл; - результаты работы по решению задач и тестированию 1балл.

Итоговое начисление баллов по дисциплине осуществляется в соответствии с разработанной и внедренной балльно-рейтинговой системой контроля и оценивания уровня знаний и внеучебной созидательной активности обучающихся.

#### 4. Типовые вопросы, выносимые на зачёт

1. Силы, действующие в жидкости и газе. Основные физические свойства жидкости и газа, формулы для расчётного определения характерных параметров.
2. Основное уравнение гидростатики. Свойства гидростатического давления. Определите понятия абсолютное, избыточное давление и вакуум.
3. Определите понятия абсолютного и относительного покоя жидкости, а также особенности действия сил при этих видах покоя. Поясните действие сил на стенку сосуда.
4. Основные уравнения движения жидкости. Поясните физический смысл уравнений сохранения расхода и энергии потока. Приведите пример их применения.
5. Напишите уравнения энергии идеальной и реальной жидкости. Поясните как определить полный напор и мощность потока.
6. Поясните различие уравнений сохранения и баланса энергии. Виды гидравлического сопротивления при течении жидкости в каналах и зависимости для их определения.
7. Виды режимов течения жидкости в каналах и особенности их влияние на гидравлическое сопротивление магистралей. Зависимости для расчёта потерь давления из-за трения и гидравлического сопротивления.
8. Влияние шероховатости каналов на изменение гидравлического сопротивления. Экспериментальные данные Никурадзе и основные расчётные зависимости для определения потерь давления.
9. Напишите уравнения изменения количества движения и моментов количества движения. Определите область их применения.
10. Особенности механизма истечения жидкости через отверстия и насадки. Зависимости для расчёта скорости и расхода жидкости. Определите понятие коэффициента расхода и поясните влияние режима течения жидкости на его изменения.
11. Особенности механизма истечения газа через отверстия и сопла. Зависимости для расчёта скорости и расхода газа. Определите понятия критическое истечение газа и скорость звука, напишите зависимости для их расчётной оценки.
12. Виды форсунок для распыла жидкости и особенности механизма истечения жидкости через них. Напишите зависимости для расчёта параметров форсунок.

13. Объясните особенности истечения жидкости из ёмкости при переменном напоре. Напишите зависимости для расчёта скорости и расхода при истечении жидкости при переменном напоре.
14. Виды струйного истечения жидкости и газа. Особенности механизмов и расчёта истечения затопленной и свободной струй.
15. Основные особенности и условия гидродинамического подобия. Безразмерные критерии гидродинамического подобия и их физический смысл.
16. Виды расходных трубопроводов и основные задачи их расчёта. Зависимости для гидравлического расчёта сложного трубопровода с последовательным соединением труб.
17. Виды расходных трубопроводов и основные задачи их расчёта. Зависимости для гидравлического расчёта сложного трубопровода с параллельным соединением труб.
18. Задачи гидравлического расчёта трубопровода с насосной подачей жидкости. Особенности расчёта потребного напора насоса и характеристики сети.
19. Поясните возникновение гидроудара в трубах и механизм этого явления, виды гидроудара и способы расчёта его величины.
20. Относительное и переносное движение жидкости в трубах. Напишите уравнение Бернулли для случаев прямолинейного и вращательного движения трубопроводов.
21. Установившееся и неустановившееся движение жидкости в каналах. Напишите уравнение баланса энергии для этих случаев. Поясните особенности поведения жидкости в условиях невесомости.
22. Взаимодействие потока с ограничивающими его стенками. Уравнение изменения количества движения и момента количества движения. Особенности взаимодействия потока жидкости со стенками каналов различной конфигурации.
23. Особенности работы центробежного насоса. Напорная характеристика идеального насоса. Напорная характеристика реального насоса. Коэффициент полезного действия насоса.
24. Относительное движение жидкости и твёрдого тела. Общие физические представления. Сопротивление движению. Отрыв пограничного слоя. Особенности обтекания единичного профиля в форме лопатки.
25. Определение силы тяги. Величина реактивной силы - силы тяги. Расчётные и нерасчётные режимы работы сопла.

**Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины  
(модуля)**

**ИНСТИТУТ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ  
МАШИНОСТРОЕНИЯ**

**КАФЕДРА ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО  
ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)  
«МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ И ГАЗА»  
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО  
ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Направление подготовки:** 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов»

**Специализация №21:** «Производство и технологическая отработка изделий ракетно-космической техники»

**Уровень высшего образования:** специалитет

**Квалификация (степень) выпускника:** инженер

**Форма обучения:** очная, очно-заочная

Королёв  
2023

## 1. Общие положения

*Целью изучения дисциплины «Механика жидкости и газа»* является формирование у студентов знаний основных закономерностей механики жидких и газообразных рабочих тел, а также приобретение способностей и навыков в решении технических задач, связанных с профессиональной деятельностью.

### *Основными задачами изучения дисциплины являются:*

- ознакомление с основными явлениями и законами, характерными для жидких и газообразных рабочих тел в случаях различных вариантов действия поверхностных и массовых сил;
- ознакомление с физическими процессами взаимодействия жидких и газообразных рабочих тел с твёрдым телом и моделированием процессов при режимах течения в каналах, в применяемых технических устройствах, в окружающем пространстве;
- освоение способов расчётного определения гидравлических и энергетических характеристик элементов технических устройств.

## 2. Указания по проведению практических (семинарских) занятий

Практические занятия по предмету «Механика жидкости и газа» рекомендуется проводить на основе обсуждения материалов лекций и решения задач по каждой из тем № 1-9, названия которых приведены в таблице 2 рабочей программы. Вопросы для обсуждения материала лекций и задачи, подготовленные преподавателем, должны быть заданы для самостоятельной домашней работы в день проведения лекций. Продолжительность проведения практических занятий планируется от 2 до 4 часов по темам, перечисленным ниже.

### Практическое занятие 1

#### **Тема 1. Освоение физических параметров жидкости и газа, а также единиц их измерений в системах СИ и МКГСС. Определение вида массовых и поверхностных сил, действующих в жидкости и газе**

Вид практического занятия: смешанная форма практического занятия.

Цель работы: Определение вида массовых и поверхностных сил, действующих в жидкости и газе.

Образовательные технологии: самостоятельное решение и групповое обсуждение результатов.

Продолжительность занятия – 4/2 ч.

## Практическое занятие 2

### **Тема 2. Уравнение гидростатики и освоение физических понятий: абсолютный и относительный покой жидкости, избыточное давление и вакуум**

Вид практического занятия: практическая работа в группах.

Цель работы: научиться решать Уравнение гидростатики и освоение физических понятий: абсолютный и относительный покой жидкости, избыточное давление и вакуум.

Образовательные технологии: самостоятельное решение и групповое обсуждение результатов.

Продолжительность занятия – 4/2 ч.

## Практическое занятие 3

### **Тема 3: Уравнения энергии при движении жидкости и газа, виды этого уравнения для идеального и реального потока. Практическое использование уравнения Бернулли при течении жидкости в технических устройствах различного назначения**

Вид практического занятия: практическая работа в группах.

Цель работы: научиться решать уравнения энергии при движении жидкости и газа, виды этого уравнения для идеального и реального потока.

Образовательные технологии: самостоятельное решение и групповое обсуждение результатов.

Продолжительность занятия – 4/4 ч.

## Практическое занятие 4

### **Тема 4. Режимы вынужденного движения жидкости, определения их вида с применением критериев подобия, оценка параметров потока при использовании условий гидромеханического подобия**

Вид практического занятия: практическая работа в группах.

Цель работы: изучение режимов вынужденного движения жидкости, определения их вида с применением критериев подобия.

Образовательные технологии: самостоятельное решение и групповое обсуждение результатов.

Продолжительность занятия – 4/2 ч.

## **Практическое занятие 5**

**Тема 5. Освоение механизма истечения жидкости и газа через отверстия и технические устройства, определение параметров истекающей жидкости с учётом коэффициента расхода и истекающего газа с учётом критического соотношения давлений. Способы расчётного определения размеров технических устройств в виде форсунок и сопел**

Вид практического занятия: практическая работа в группах.

Цель работы: освоение механизма истечения жидкости и газа через отверстия и технические устройства

Образовательные технологии: самостоятельное решение и групповое обсуждение результатов.

Продолжительность занятия – 4/2 ч.

## **Практическое занятие 6**

**Тема 6. Способы расчётов пропускной способности и гидравлического сопротивления простых и сложных трубопроводов, определение особенностей их работы в сети**

Вид практического занятия: тестирование.

Цель работы: изучить способы расчётов пропускной способности и гидравлического сопротивления простых и сложных трубопроводов.

Образовательные технологии: самостоятельное решение и групповое обсуждение результатов.

Продолжительность занятия – 4/2 ч.

## **Практическое занятие 7**

**Тема 7. Определение параметров потока при относительном или неустановившемся движении жидкости и газа в каналах, а также в условиях невесомости**

Вид практического занятия: практическая работа в группах.

Цель работы: определение параметров потока при относительном или неустановившемся движении жидкости и газа в каналах, а также в условиях невесомости.

Образовательные технологии: самостоятельное решение и групповое обсуждение результатов.

Продолжительность занятия – 4/2 ч.

## **Практическое занятие 8**

**Тема 8. Особенности образования реактивной силы при изменении количества движения и момента количества движения. Освоение механизма работы лопаточных устройств в виде насоса и турбины. Способы определения потребных величин напора насоса и работы турбины**

Вид практического занятия: презентация группового доклада

Цель работы: изучить способы определения потребных величин напора насоса и работы турбины.

Образовательные технологии: самостоятельное решение и групповое обсуждение результатов.

Продолжительность занятия – 4/2 ч.

**Практическое занятие 9**

**Тема 9. Особенности механизма процесса при внешнем обтекании твёрдого тела жидкостью и газом, образование при этом подъёмной силы крыла**

Вид практического занятия: практическая работа в группах.

Цель работы: изучение особенности механизма процесса при внешнем обтекании твёрдого тела жидкостью и газом

Образовательные технологии: самостоятельное решение и групповое обсуждение результатов.

Продолжительность занятия – 4/2 ч

**3. Указания по проведению лабораторного практикума**

Проведение лабораторного практикума в рабочей программе по предмету «Механика жидкости и газа» не предусмотрено.

**4. Указания по организации самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа студентов должна быть направлена на использование материалов лекций и научно-технической литературы для углубленного изучения предмета и систематизации знаний.

В таблице 5.1 для примера приведены виды самостоятельной работы, которые могут быть предложены студентам по предмету «Механика жидкости и газа».

**Таблица 4.1**

№ п/п	Наименования тем дисциплины	Виды самостоятельной работы
1	Темы 1-11, перечисленные в разделе 4.2 рабочей программы	Подготовка ответов на теоретические вопросы и решения задач по каждой из тем 1- 11 с обсуждением на практических занятиях.
2	Научно-исследовательская работа по одной из тем 1-11, перечисленных в разделе 4.2 рабочей программы	Подготовка реферата (доклада) на основе углубленного и расширенного изучения одной из тем, предложенных преподавателем, для обсуждения на кафедре или на конференции

## **5. Указания по проведению контрольных работ для обучающихся очной, очно-заочной формы обучения**

### **5.1. Требования к структуре**

Структура контрольной работы должна способствовать раскрытию темы: иметь титульный лист, содержание, введение, основную часть, заключение, список литературы.

### **5.2. Требования к содержанию (основной части)**

1. Во введении обосновывается актуальность темы, определяется цель работы, задачи и методы исследования.

2. При определении целей и задач исследования необходимо правильно их формулировать. Так, в качестве цели не следует употреблять глагол «сделать». Правильно будет использовать глаголы: «раскрыть», «определить», «установить», «показать», «выявить» и т. д.

3. Основная часть работы включает 2...4 вопроса, каждый из которых посвящается решению задач, сформулированных во введении, и заканчивается констатацией итогов.

4. Приветствуется иллюстрация содержания работы таблицами, графическим материалом (рисунками, схемами и т. п.).

5. Необходимо давать ссылки на используемую литературу.

6. Заключение должно содержать сделанные автором работы выводы, итоги исследования.

7. Вслед за заключением идет список литературы, который должен быть составлен в соответствии с установленными требованиями. Если в работе имеются приложения, они оформляются на отдельных листах, и должны быть соответственно пронумерованы.

### **5.3. Требования к оформлению**

Объём контрольной работы – 10...12 страниц формата А 4, напечатанного с одной стороны текста (1,5 интервал, шрифт TimesNewRoman).

## **6. Перечень основной и дополнительной учебной литературы**

### **Основная литература:**

1. Некрасов Б.Б. Гидравлика и её применение на летательных аппаратах: учебник для авиационных вузов: репринт // М: Изд-во «Транспортная компания». 2021. 367с.
2. Нигматулин Рс.И., Соловьёв А.А. Основы гидромеханики // М: Изд-во «Литтерра». 2012. 400 с.
3. Крестин Е.А., Крестин И.Е. Задачник по гидравлике с примерами расчётов: учебное пособие // СПб: Изд-во «Лань». 2018. 320 с.

### **Дополнительная литература:**

1. Сборник задач по гидравлике для технических вузов / Под редакцией И.И. Куколевского // М: Издательство МГТУ им. Баумана. 2009. 430 с.
2. Чефанов В.М. Основы технической механики жидкости и газа // Спб: Изд-во Лань. 2020 г. 350 с.
3. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика // М: Наука, 1991 – 600 с.
4. . Гидравлика, гидромашины и гидропривод: учебник для машиностроительных вузов / Т.С. Башта, С.С. Руднев, Б.Б. Некрасов и др. // М: Издательский дом «Альянс». 2012. 423 с.

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

### ***Интернет-ресурсы:***

<http://www.biblioclub.ru/>  
<http://www.rucont.ru/>  
<http://www.znaniyum.com/>  
<http://www.book.ru>  
<http://e.lanbook.com/>  
<http://www.biblio-online.ru>  
[Elibrary](#)  
<http://ies.unitech-mo.ru/>  
<http://unitech-mo.ru/>

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

**Перечень программного обеспечения:** MSOffice, RAMUS.

### **Информационные справочные системы:**

1. Ресурсы информационно-образовательной среды «МГОТУ».
2. Информационно-справочные системы «Яндекс» и др.