

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»
(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

 (подпись) Левихин А.А.
 ФИО
 «___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ДИНАМИКА ВЯЗКИХ ЖИДКОСТИ, ГАЗА И СТРУЙ

Направление/специальность подготовки	24.03.03 Баллистика и гидроаэродинамика
Специализация/профиль/программа подготовки	Гидроаэродинамика
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА
Кафедра-разработчик рабочей программы	А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
4	7	3	108	51	34	0	17	57	0	0	57	ЭКЗ.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

24.03.03 Баллистика и гидроаэродинамика

год набора группы: 2025

Программу составил:

Кафедра А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА
Маламанов Степан Юрьевич, д.ф.-м.н., профессор

Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Тетерина И.В., к.т.н., доц.

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

Заведующий кафедрой Тетерина И.В., к.т.н., доц.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ДИНАМИКА ВЯЗКИХ ЖИДКОСТИ, ГАЗА И СТРУЙ

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-2.1 — Способен разрабатывать физические и математические модели совокупности процессов аэрогидродинамики и теплообмена

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПК-2.1

знания:

основных свойств жидкостей и газов; статики, кинематики и динамики жидкостей и газов; законов тепло- и массопереноса применительно к внешним и внутренним задачам аэро-гидродинамики; особенностей математического моделирования ламинарных и турбулентных течений идеальной и вязкой жидкостей;;

умения:

использовать математический аппарат и современные вычислительные технологии при изучении естественнонаучных дисциплин; строить математические модели физических явлений, при этом рассчитывать гидродинамические параметры потока жидкости (газа) при внешних и внутренних течениях, анализировать результаты решения конкретных задач с целью построения более совершенных моделей;;

навыки:

проведения типовых аэро-гидродинамических расчетов внешних и внутренних течений.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ДИНАМИКА ВЯЗКИХ ЖИДКОСТИ, ГАЗА И СТРУЙ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.03.03 Баллистика и гидроаэродинамика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ И ГАЗА, ФИЗИКА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности
- ОПК-5 — Способен использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПК-2.1
4	7	Раздел 1. Динамика вязкой жидкости и газа. Дифференциальные уравнения движения вязкой жидкости и газа в общем виде.	20	10	6	4	10	25
4	7	Раздел 2. Ламинарное течение. Напряжения силы вязкости. Тензор деформации и скорости деформации. Геометрическое представление тензора напряжений.	18	8	4	4	10	25
4	7	Раздел 3. Теория пограничного слоя. Понятие пограничного слоя. Дифференциальные уравнения движения жидкости в пограничном слое. Понятие о механическом подобии потоков. Критерий Рейнольдса. Дифференциальные уравнения Прандтля.	18	8	4	4	10	25
4	7	Раздел 4. Турбулентные течения. Возникновение турбулентности. Средние и пульсационные величины. Операция осреднения. Пристенная турбулентность. Проблема замыкания и основные подходы к ее решению. Модели турбулентности. Подходы и методы вычислительного моделирования турбулентных и струйных течений вязкой жидкости и газа. Струйные течения и течения в следах.	52	25	20	5	27	25
Всего за 7 семестр			108	51	34	17	57	100
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Динамика вязкой жидкости и газа.	Уравнения движения вязкой несжимаемой жидкости. Слоистые течения вязкой жидкости. Точные решения уравнений Навье-Стокса	4
2	Раздел 2. Ламинарное течение.	Особенности моделирования конвективных течений в современных специализированных программных средах. Разбор примеров.	4
3	Раздел 3. Теория пограничного слоя.	Особенности моделирования ламинарного и турбулентного течения в трубах с помощью современных специализированных программных сред. Разбор примеров.	4
4	Раздел 4. Турбулентные течения.	Особенности моделирования турбулентного пограничного слоя с помощью современных специализированных программных сред. Разбор примеров.	5
Всего за 7 семестр			17

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Динамика вязкой жидкости и газа.	Выполнение практического задания №1 на тему "Ламинарное течение".	6
2		Изучение материала раздела.	4
3	Раздел 2. Ламинарное течение.	Изучение материала раздела.	4
4		Выполнение практического задания №2 на тему "Моделирование конвективного течения".	6
5	Раздел 3. Теория пограничного слоя.	Изучение материала раздела.	4
6		Выполнение практического задания №3 на тему "Моделирование течения газа в трубе".	6
7	Раздел 4. Турбулентные течения.	Изучение материала раздела.	17
8		Выполнение практического задания №4 на тему "Моделирование турбулентного пограничного слоя".	10

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
7						ДР				ДР					Отч. по ПЗ	ДР	Вопр. Экз

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Отч. по ПЗ – отчет по практическому заданию;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- отчет по практическому заданию;
- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. И. А. Белов, С. А. Исаев. . Моделирование турбулентных течений. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2001, 16 экз.
2. Л. Г. Лойцянский. . Механика жидкости и газа. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987, 27 экз.
3. Н. А. Брыков, В. Н. Емельянов, И. В. Тетерина. . Динамика вязкой жидкости. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. А. Дж. Рейнольдс. . Турбулентные течения в инженерных приложениях. М.: Энергия, 1979, 2 экз.
2. Г. Шлихтинг. . Теория пограничного слоя. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1974, 2 экз.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://urait.ru/> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов.;
2. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
3. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474 — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
- <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

1. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
2. Matlab 2015a SP1.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.2. Практические занятия:

1. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
2. Matlab 2015a SP1.

6.3. Прочее:

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

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ДИНАМИКА ВЯЗКИХ ЖИДКОСТИ, ГАЗА И СТРУЙ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению **24.03.03 Баллистика и гидроаэродинамика**. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-2.1 Способен разрабатывать физические и математические модели совокупности процессов аэрогазодинамики и теплообмена.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с математическим описанием вязких эффектов при течении жидкости и газа. Дисциплина направлена на выработку навыков, необходимых для исследовательской деятельности в области создания новой техники и интенсификации рабочих процессов в изделиях высоких технологий, а также для проведения исследований процессов и оптимизации их характеристик в энергетических установках различных типов, для активного владения методами расчетного моделирования турбулентного течения и тепломассопереноса.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- отчет по практическому заданию;
- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**57 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 57 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Динамика вязкой жидкости и газа.		
Выполнение практического задания №1 на тему "Ламинарное течение".	Г. Шлихтинг. . Теория пограничного слоя: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1974 (7-15) Н. А. Брыков, В. Н. Емельянов, И. В. Тетерина. . Динамика вязкой жидкости: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (1-4)	6
Изучение материала раздела.		4
Итого по разделу 1		10
Раздел 2. Ламинарное течение.		
Изучение материала раздела.	Г. Шлихтинг. . Теория пограничного слоя: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1974 (1-3)	4
Выполнение практического задания №2 на тему "Моделирование конвективного течения".		6
Итого по разделу 2		10
Раздел 3. Теория пограничного слоя.		
Изучение материала раздела.	А. Дж. Рейнольдс. . Турбулентные течения в инженерных приложениях: М.: Энергия, 1979 (4) Г. Шлихтинг. . Теория пограничного слоя: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1974 (20)	4
Выполнение практического задания №3 на тему "Моделирование течения газа в трубе".		6
Итого по разделу 3		10
Раздел 4. Турбулентные течения.		
Изучение материала раздела.	Л. Г. Лойцянский. . Механика жидкости и газа: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987 (1-3) И. А. Белов, С. А. Исаев. . Моделирование турбулентных течений: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2001 (1-9)	17
Выполнение практического задания №4 на тему "Моделирование турбулентного пограничного слоя".		10
Итого по разделу 4		27

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- вопросы к экзамену;
- отчет по практическому заданию;
- экзамен.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Вопросы к экзамену

1. Понятие "сплошности" среды.
2. Эйлеров и Лагранжев способ описания движения жидкости.
3. Понятие субстанциальной и локальной производной.
4. Уравнение неразрывности для сжимаемой и несжимаемой жидкости.
5. Уравнение Эйлера движения идеальной жидкости
6. Закон сохранения энергии
7. Закон сохранения импульса
8. Тензор плотности потока импульса и его представление в декартовой системе координат
9. Сила сопротивления при неравномерном движении.
10. Уравнение движения вязкой несжимаемой жидкости (уравнение Навье-Стокса).
11. Представление уравнение Навье-Стокса в векторной форме и в проекциях в декартовой системе координат
12. Тензор вязких напряжений. Его физический смысл и представление в декартовой системе координат
13. Граничные условия на поверхности тела, обтекаемого потоком идеальной или вязкой жидкости
14. Формула Пуазейля для расхода жидкости
15. Принцип подобия и его использование в гидродинамических задачах.
16. Числа Рейнольдса, Фруда, Струхала и их физический смысл
17. Движение тел в вязкой среде при малых числах Рейнольдса.
18. Формула Стокса
19. Пограничный слой. Обтекание полубесконечной пластины.
20. Уравнения Прандтля.
21. Теорема Стокса
22. Теорема Гаусса

Отчет по практическому заданию

Отчет по практическому заданию (ПЗ)

Отчет по ПЗ представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по ПЗ.

Отчет по ПЗ должен содержать:

- постановку задачи, математическую модель и основные расчетные соотношения используемых методов решения;
- схему расчетной области с характеристиками сетки, краевыми и начальными условиями, реализованными в решаемом варианте;
- графическое представление полученных результатов;
- содержание исследовательского задания, результаты вычислительного моделирования, анализ и выводы по проведенным исследованиям.

Защита ПЗ

Защита ПЗ проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя. Процедура защиты включает ответы на вопросы преподавателя по работе и разделу курса. В ходе защиты ПЗ обучающиеся должны продемонстрировать знания, умения и навыки:

- культуру речи при изложении своих мыслей, логичность в постановке и изложении материала,

- понимание постановки задачи, знание основных элементов математической модели, формулировка начальных и граничных условий, обоснование основных упрощающих положений;
- умение определить место исследованного явления в конкретных технических процессах и устройствах;
- умение анализировать полученные результаты и умение прогнозировать характер процессов в технических устройствах на основании полученных данных;
- умение самостоятельно модифицировать математические модели и программные средства для целей конкретизации или расширения области приложения моделей, использованных в работе.

Оценка защиты работы выставляется по 100 бальной шкале с учётом:

- выполнение ПЗ – 40 баллов,
 - оформление пояснительной записки – 20 баллов,
 - защита результатов, ответы на вопросы и их логика, культура речи – 40 баллов.
- ПЗ считается принятой при наборе более 80 баллов.

Экзамен

Экзамен, включает в себя задачу и один/два контрольных вопроса по выбору преподавателя. Для получения «отлично» требуется выполнение всех контрольных мероприятий по дисциплине, предусмотренных рабочей программой, решение задачи и правильный ответ на вопрос/вопросы.

Для получения «хорошо» требуется выполнение всех контрольных мероприятий по дисциплине, предусмотренных рабочей программой, решение задачи и правильный ответ на вопрос.

Для получения «удовлетворительно» требуется выполнение всех контрольных мероприятий по дисциплине, предусмотренных рабочей программой и правильный ответ на вопрос.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПК-2.1	
4	7	Раздел 1. Динамика вязкой жидкости и газа.	20	10	6	4	10	25	Вопросы к экзамену
4	7	Раздел 2. Ламинарное течение.	18	8	4	4	10	25	Вопросы к экзамену
4	7	Раздел 3. Теория пограничного слоя.	18	8	4	4	10	25	Вопросы к экзамену
4	7	Раздел 4. Турбулентные течения.	52	25	20	5	27	25	Отчет по практическому заданию
Всего за 7 семестр			108	51	34	17	57	100	
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	

Оценочные материалы по дисциплине ДИНАМИКА ВЯЗКИХ ЖИДКОСТИ, ГАЗА И СТРУЙ

ПК-2.1 - Способен разрабатывать физические и математические модели совокупности процессов аэрогазодинамики и теплообмена

- № 1 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
К кинематическим понятиям, служащим для описания движения жидкости, относятся:
1. вектор перемещения
 2. вектор скорости
 3. циркуляция
 4. момент импульса
- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Как называется слой жидкости, прилегающий к поверхности обтекаемого тела, в котором доминирует влияние молекулярной вязкости ?
- № 3 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Отношение локального ускорения к конвективному характеризуется:
1. число Рейнольдса
 2. число Фруда
 3. число Струхала
 4. число Эйлера
- № 4 Прочитайте текст и установите последовательность
Применение теории подобия состоит из следующих этапов:
1. приравнивание критериев подобия "натуры" и "модели"
 2. запись исходной системы уравнений
 3. приведение уравнений к безразмерному виду
 4. введение характеристических масштабов
- № 5 Прочитайте текст и установите последовательность
В практике решения газодинамических задач широко используется принцип установления. Его последовательность:
1. алгоритм решения нестационарной задачи
 2. решение нестационарной задачи при $t \rightarrow \infty$
 3. исходная стационарная краевая задача
 4. нестационарная задача со стационарными граничными и произвольными начальными условиями
- № 6 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
В случае газов нормальное напряжение всегда направлено во внутрь, то есть имеет характер давления, в случае жидкости давление обусловлено ее сжатием, а так как касательные напряжения не возникают, то что можно сказать об упругих свойствах жидкости?
- № 7 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
С точки зрения механики жидкости и газы можно определить как среды, в которых при равновесии касательные напряжения существовать не могут. Что из этого можно сказать о давлении ?

- № 8 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Как называется жидкость, в которой отсутствует внутреннее трение
- № 9 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
В каком пограничном слое сопротивление больше: в ламинарном или турбулентном ?
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Какое из физических свойств жидкости характеризует ее инертность:
1. испаряемость
 2. вязкость
 3. плотность
 4. сжимаемость
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Соотношение между силами инерции и силами вязкого трения характеризует:
1. число Струхала
 2. число Рейнольдса
 3. число Эйлера
 4. число Нуссельта
- № 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Существуют следующие методы описания движения жидкости:
1. метод Рейнольдса
 2. метод Эйлера
 3. метод Ньютона
 4. метод Лагранжа
- № 13 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
К местным сопротивлениям относятся:
1. внезапное сужение
 2. поворот потока
 3. ускорение потока
 4. внезапное расширение
- № 14 Прочитайте текст и установите соответствие
К каждой позиции, данной в левом столбце подберите соответствующую позицию из правого столбца:

Область применения	Название критерия подобия
1. теплопроводность	А. Маха - M , Кнудсена - Kn
2. гидродинамика	Б. Фурье - Fo , Био - Bi
3. газодинамика	В. Фруда - Fr , Эйлера - Eu , Рейнольдса - Re , Пекле - Pe Г. Рейнольдса - Re , Грасгофа - Gr , Прандтля - Pr , Эйлера - Eu , Нуссельта - Nu

№ 15 Прочитайте текст и установите соответствие

К каждой позиции, данной в левом столбце подберите соответствующую позицию из правого столбца

Свойство	Определение
1. Вязкость	А. Масса единицы объема
2. Напряжение	Б. Свойство оказывать сопротивление деформации
3. Плотность	В. Сила тяжести единицы объема
4. Удельный вес	Г. результирующая внутренних сил, отнесенная к единице площади сечения
	Д. Совокупность напряжений во всех сечениях, проходящих через данную точку