

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»**

**Институт транспорта и логистики
Кафедра двигателей внутреннего сгорания**

УТВЕРЖДАЮ
Директор института транспорта и логистики
 **Выкадоров В.В.**
2023 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«МЕТОДЫ ПОДОБИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ»

По направлению подготовки 13.04.03 Энергетическое машиностроение

Магистерская программа «Двигатели внутреннего сгорания»

Луганск 2023

Лист согласования рабочей программы учебной дисциплины

Рабочая программа учебной дисциплины «Методы подбора физических процессов» по направлению подготовки 13.04.03 Энергетическое машиностроение. – 37 с.

Рабочая программа учебной дисциплины (модуля) «Методы подбора физических процессов» разработана с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 13.04.03 Энергетическое машиностроение, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28.02.2018 г. № 149.

СОСТАВИТЕЛИ:

д-р.техн.наук., проф. кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» Панков А.А.,
канд.техн.наук, доц. кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» Данилейченко А.А.,
старший преподаватель кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» Брянцев М.А.,
старший преподаватель кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» Доценко Д.М.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры «Двигатели внутреннего сгорания»

« 12 » 04 2023 г., протокол № 8

Заведующий кафедрой _____ А.А. Данилейченко

Переутверждена: « _____ » _____ 20 ____ г., протокол № ____

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института транспорта и логистики

« 14 » 04 2023 г., протокол № 8

Председатель учебно-методической
комиссии института



Е.И. Иванова

© Панков А.А., Данилейченко А.А.,
Брянцев М.А., Доценко Д.М., 2023 год
© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. ДАЛЯ», 2023 год

1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целью изучения дисциплины «Методы подобия физических процессов» является обучение магистров основам теории подобия термодинамических и тепловых процессов, происходящих в двигателях внутреннего сгорания, с целью их дальнейшего совершенствования на основе теоретических и экспериментальных исследований. Уметь применять основы теории подобия при проведении теоретических и экспериментальных исследований.

Задачами изучения дисциплины «Методы подобия физических процессов» является: уметь применять основы теории подобия при проведении теоретических и экспериментальных исследований.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Методы подобия физических процессов» относится к дисциплинам по выбору и части, формируемой участниками образовательных отношений.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: **знания** разделов из цикла фундаментальных и профессионально-ориентированных дисциплин, **умения** применять теорию подобия и моделирования при проведении теоретических и экспериментальных исследований, **навыки** применения безразмерных комплексов (критериев) и критериальных уравнений при расчетах и научных исследованиях.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин: математика, механика жидкости и газа, основы газовой динамики комбинированных двигателей, термодинамика и теплопередача и служит основой для освоения дисциплин: моделирование процессов в поршневых двигателях, двигатели специального назначения, моделирование процессов топливоподачи современных дизелей.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)

ПК-2. Способность использовать знания теоретических и экспериментальных методов научных исследований, принципов организации научно-исследовательской деятельности	ПК-2.1. Знает методы планирования, обработки и анализа вычислительного эксперимента, методы подобия и размерности в физических процессах.	знать основы теории подобия и моделирования процессов и систем в области энергетического машиностроения; уметь применять методы теории подобия и моделирования при проведении теоретических и экспериментальных исследований рабочих процессов ДВС и его систем; владеть навыками применения безразмерных критериев при расчетах и научных исследованиях рабочих процессов ДВС и его систем.
---	---	--

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	144 (4 зач. ед)	144 (4 зач. ед)
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) в том числе:	42	20
Лекции	28	12
Семинарские занятия		
Практические занятия	14	8
Лабораторные работы		
Курсовая работа (курсовой проект)	-	-
Другие формы и методы организации образовательного процесса (расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.)	-	-

Самостоятельная работа студента (всего)	102	124
Форма аттестации	зачет	зачет

4.2. Содержание разделов дисциплины

- ДВС как термодинамическая система.** Общая характеристика термодинамических и тепловых процессов (физических процессов). Параметры состояния рабочего тела. Уравнения состояния физических (рабочих) тел.
- Законы термодинамики и теплопередачи.** 1-й закон термодинамики. 2-й закон термодинамики. Законы тепловых процессов.
- Уравнения, описывающие энергетические процессы в ДВС.** Уравнение теплового баланса в ДВС
- Методы подобия и моделирование физических процессов.** Дифференциальные уравнения, описывающие теплопроводность, конвективный обмен и излучение. Методы подобия конвективного теплообмена.
- Основные критерии и критериальные уравнения, описывающие конвективный теплообмен и излучение в ДВС.** Критерии конвективного теплообмена и излучения. Критериальные уравнения, описывающие процессы конвективного теплообмена и излучения в ДВС.
- Требования к проведению экспериментальных исследований на основе теории подобия.** Теоремы подобия. Основные условия проведения экспериментальных исследований на основе теории подобия.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	ДВС как термодинамическая система. Общая характеристика термодинамических и тепловых процессов (физических процессов). Параметры состояния рабочего тела. Уравнения состояния физических (рабочих) тел.	4	3
2	Законы термодинамики и теплопередачи. 1-й закон термодинамики. 2-й закон термодинамики. Законы тепловых процессов	4	
3	Уравнения, описывающие энергетические процессы в ДВС. Уравнение теплового баланса в ДВС	4	3
4	Методы подобия и моделирование физических процессов. Дифференциальные уравнения, описывающие теплопроводность, конвективный обмен и излучение. Методы подобия конвективного теплообмена.	5	
5	Основные критерии и критериальные уравнения, описывающие конвективный теплообмен и излучение в ДВС. Критерии конвективного теплообмена и излучения.	5	3
6	Требования к проведению экспериментальных исследований на основе теории подобия. Теоремы подобия. Основные условия проведения экспериментальных исследований на основе теории подобия.	4	3
	Итого:	28	12

4.4. Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Изучение дифуравнений конвективного теплообмена.	4	4
2	Приведение уравнений к тождественному виду.	5	4
3	Применение критериальных уравнений при проведении расчетов.	5	

ИТОГО:	14	8
--------	----	---

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Изучение тем лекционного материала	Изучение тем по конспектам и учебникам	66	88
2	Изучение метода приведения уравнений описывающих физические процессы к тождественному виду	Выполнение задания	18	18
3	Изучение безразмерных чисел подобия, составление критериальных уравнений.	Выполнение задания	18	18
	Итого:		102	124

4.7. Курсовые работы/проекты

Не предусмотрено учебным планом.

5. Образовательные технологии

В процессе обучения для достижения планируемых результатов освоения дисциплины используются следующие образовательные технологии:

- традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;
- информационно-коммуникационная технология, в том числе визуализация, создание электронных учебных материалов;
- использование электронных образовательных ресурсов при подготовке к лекциям, практическим и лабораторным занятиям;
- технология проблемного обучения, в том числе в рамках разбора проблемных ситуаций;
- технология развивающего обучения, в том числе постановка и решение задач от менее сложных к более сложным, развивающих компетенции студентов.

В рамках перечисленных технологий основными методами обучения являются: работа в команде; самостоятельная работа; проблемное обучение.

6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

1. Крамаренко Н. В. Методы подобия в механике. Анализ размерностей: учебное пособие / Н. В. Крамаренко. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2020. - 212 с. - ISBN 978-5-7782-4087-2. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1867818>
2. Сторчеус Ю. В. Методы подобия физических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю. В. Сторчеус. – Луганск: Из-во ЛНУ им. В. Даля, 2017. – 206 с. – Режим доступа: https://yadi.sk/d/M-hvRP5R_jKa7w
3. Сторчеус Ю. В. Термодинамика [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю. В. Сторчеус, А. С. Ковтун. - Луганск: ЛГУ им. В. Даля, 2015. - 93 с. – Режим доступа: https://yadi.sk/d/M-hvRP5R_jKa7w
4. Филиппев Н. А. Математические методы моделирования физических процессов: компьютерная поддержка физического эксперимента: учебное пособие / Н. А. Филиппев. - Москва: Изд. Дом МИСиС, 2013. - 49 с. - ISBN 978-5-87623-697-5. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1227285>

б) дополнительная литература:

5. Основы гидравлики и теплотехники : учебное пособие / С.Ф. Вольвак, Ю.Н. Ульянов, Д.Н. Бахарев, А.А. Добрицкий. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 525 с. — (Среднее профессиональное образование). — DOI 10.12737/1865774. - ISBN 978-5-16-017670-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1865774> (дата обращения: 27.01.2024).

6. Олофинская, В. П. Техническая механика. Сборник тестовых заданий : учебное пособие / В.П. Олофинская. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 132 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-016753-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1896828> (дата обращения: 27.01.2024).

7. Епифанов, В. С. Термодинамика / В. С. Епифанов, А. М. Степанов. - Москва : Альтаир-МГАВТ, 2015. - 88 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/522648> (дата обращения: 27.01.2024).

8. Францева, А. А. Основы эксергетического анализа топливоиспользующих установок : учебное пособие / А. А. Францева, О. К. Григорьева. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2019. - 88 с. - ISBN 978-5-7782-3849-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1866288> (дата обращения: 27.01.2024).

9. Павлова, И. Б. Методы термодинамического анализа эффективности теплоэнергетических установок : учебное пособие по курсу «Термодинамика» / И. Б. Павлова ; под. ред. В. И. Хвесьюка. - Москва : Изд-во МГТУ им. Баумана, 2011. - 108 [4] с. : ил. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2053998> (дата обращения: 27.01.2024).

10. Куликов Ю. А. Теоретические основы термодинамики и тепломассообмена [Текст]: учебник / Ю. А. Куликов. - Луганск: Ноулидж, 2015. - 360 с. - Библиогр.: с. 345 - 346. - ISBN 978-966-8827-93-0: 350 р.

11. Куликов Ю. А. Теоретические основы теплотехники [Текст]: учебное пособие / Ю. А. Куликов. - Луганск: Элтон-2, 2009. - 331 с. - Библиогр.: с. 319-320. - ISBN 978-966-8827-85-3 : 35 грн.

12. Куликов Ю.А., Ажиго А.Г., Гончаров А.В., Быкадоров В.В. Оробцов Т.А. (под ред. проф., дтн, Куликова Ю.А.) Компактные теплообменники из пучков труб с винтовым оребрением для транспортных машин. Монография.- Луганск: Изд-во «Элтон-2», 2011. — 201с. ISBN 978-617-563-105-8.

в) методические указания:

1. Методические указания к выполнению домашнего задания по дисциплине «Методы подбора физических процессов» для студентов технических специальностей [Электронный ресурс]/ Сост.: Ю.А. Куликов, - Луганск: Изд-во ЛНУ, 2018 – 35 с.

2. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Методы подбора физических процессов» для студентов направления подготовки 13.04.03.«Энергетическое машиностроение» специальности «Двигатели внутреннего сгорания» [Электронный ресурс]/Сост. А.С.Ковтун, А.А. Данилейченко. - Луганск: Изд-во ЛНУ им.В.Даля, 2019. – 51с.

3. Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине “ Методы подбора физических процессов ” [Электронный ресурс]: для студентов специальности “Двигатели внутреннего сгорания” /Сост.: Ю.В Сторчеус - Луганск, Изд-во ЛНУ им.В.Даля, 2017.- 25 с.

4. Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине “ Методы подбора физических процессов ” для студентов специальности “Двигатели внутреннего сгорания” [Электронный ресурс]/Сост.: Ю.А Куликов. - Луганск, Изд-во ЛНУ им.В.Даля, 2019.- 11 с.

г) Интернет-ресурсы:

Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>
Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>
Министерство образования и науки Луганской Народной Республики –<https://minobr.su>
Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>
 Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>
 Электронные библиотечные системы и ресурсы
 Электронно-библиотечная система «Консультант-студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>
 Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>
 Информационный ресурс библиотеки образовательной организации
 Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

7. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Лекционные занятия проводятся в академических аудиториях.

Освоение дисциплины предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Практические занятия: проводятся с использованием раздаточного материала, наглядных пособий, демонстрационных плакатов.

Лабораторные работы: проводятся в специализированных аудиториях кафедры, оснащенных необходимым лабораторным оборудованием.

Прочее: комплект электронных раздаточных материалов выдается студентам в электронной форме.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет (комплект электронных раздаточных материалов выдается студентам в электронной форме).

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

8. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

**Паспорт
оценочных средств по учебной дисциплине
«Методы подбора физических процессов»**

Описание уровней сформированности и критериев оценивания компетенций на этапах их формирования в ходе изучения дисциплины

Этап	Код компетенции	Уровни сформированности компетенции	Критерии оценивания компетенции
Начальный	ПК-2. Способность использовать знания теоретических и экспериментальных методов научных исследований, принципов организации научно-исследовательской деятельности	Базовый	знать основы теории подбора и моделирования процессов и систем в области энергетического машиностроения
Основной		Пороговый	уметь применять методы теории подбора и моделирования при проведении теоретических и экспериментальных исследований рабочих процессов ДВС и его систем;
Заключительный		Высокий	владеть навыками применения безразмерных критериев при расчетах и научных исследованиях рабочих процессов ДВС и его систем.

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые разделы (темы) учебной дисциплины	Этапы формирования (семестр изучения)
				Тема 1 ДВС как термодинамическая система. Общая характеристика термодинамических и тепловых процессов (физических процессов). Параметры состояния рабочего тела. Уравнения состояния физических (рабочих) тел.	Начальный 1
1.	ПК-2	Способность использовать знания теоретических и экспериментальных методов научных исследований	ПК-2.1. Знает методы планирования, обработки и анализа вычислительного эксперимента, методы подбора и размерности в	Тема 2 Законы термодинамики и теплопередачи. 1-й закон термодинамики. 2-й закон термодинамики. Законы тепловых процессов	Основной 1
				Тема 3 Уравнения, описывающие энергетические процессы в ДВС. Уравнение теплового баланса в ДВС	
				Тема 4 Методы подбора и	

		исследования, принципы организации научно-исследовательской деятельности и	физических процессов.	моделирование физических процессов. Дифференциальные уравнения, описывающие теплопроводность, конвективный обмен и излучение. Методы подобия конвективного теплообмена.	
				Тема 5 Основные критерии и критериальные уравнения, описывающие конвективный теплообмен и излучение в ДВС. Критерии конвективного теплообмена и излучения. Критериальные уравнения, описывающие процессы конвективного теплообмена и излучения в ДВС.	
				Тема 6 Требования к проведению экспериментальных исследований на основе теории подобия. Теоремы подобия. Основные условия проведения экспериментальных исследований на основе теории подобия.	
				Тема 5 Основные критерии и критериальные уравнения, описывающие конвективный теплообмен и излучение в ДВС. Критерии конвективного теплообмена и излучения.	Заключительный 1

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые разделы (темы) учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	ПК-2	ПК-2.1. Знает методы планирования, обработки и анализа вычислительного эксперимента, методы подобия и размерности в физических процессах.	знать основы теории подобия и моделирования процессов и систем в области энергетического машиностроения; уметь применять методы теории подобия и моделирования при проведении теоретических и экспериментальных исследований рабочих процессов ДВС и его систем; владеть навыками	Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5, Тема 6	Практическая работа, индивидуальное задание, контрольная работа

			применения безразмерных критериев при расчетах и научных исследованиях рабочих процессов ДВС и его систем.		
--	--	--	--	--	--

Диагностическое контрольное тестирование:

Комплект тестовых заданий, позволяющих осуществить оценку компетенции

ПК-2. Способность использовать знания теоретических и экспериментальных методов научных исследований, принципов организации научно-исследовательской деятельности	ПК-2.1. Знает методы планирования, обработки и анализа вычислительного эксперимента, методы подобия и размерности физических процессов.
---	---

образовательной программы 13.04.03 Энергетическое машиностроение, магистерская программа «Двигатели внутреннего сгорания» дисциплина «Методы подобия физических процессов»

ВАРИАНТ 1

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 1.

*Прочитайте текст, выберите **все** правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа*

Цикл Карно является идеализированным термодинамическим циклом, который устанавливает максимальную возможную эффективность тепловых машин. Какие условия необходимы для его осуществления?

- 1) изотермическое расширение.
- 2) адиабатическое расширение.
- 3) изотермическое сжатие.
- 4) адиабатическое сжатие.
- 5) адиабатическое расширение

Ответ: 1234

Обоснование: Цикл Карно представляет собой идеализированный термодинамический цикл, который используется для определения максимальной возможной эффективности тепловых машин. Он состоит из двух изотермических и двух адиабатических процессов. может быть осуществлён одинаково как в стационарных, так и в нестационарных условиях

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 2.

*Прочитайте текст, выберите **все** правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа*

В каких ключевых ситуациях применяется теория подобия?

- 1) при отсутствии математического описания: Когда нет точных уравнений для описания процесса, теория подобия помогает выявить основные переменные и их взаимосвязи.
- 2) при масштабировании экспериментов: Для переноса результатов экспериментов с модели на реальный объект, например, в аэродинамических испытаниях.
- 3) при сравнении различных систем: Для сравнения характеристик различных систем, таких как двигатели или теплообменники, при условии, что они подобны.
- 4) при оптимизации процессов: Для оптимизации процессов и систем, таких как улучшение теплообмена или снижение сопротивления потоку.
- 5) при обобщении экспериментальных данных: Для обобщения и интерпретации экспериментальных данных, что позволяет делать выводы о поведении системы в целом.

Ответ:

Обоснование: 12345

Задание с выбором ответа

базовый уровень

Задание 3.

Прочитайте текст, выберите все правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Два объекта (или явления) называются подобными, если они удовлетворяют условиям подобия, которые включают:

- 1) Геометрическое подобие: Все соответствующие размеры объектов пропорциональны.
- 2) Кинематическое подобие: Соответствующие скорости и временные характеристики объектов пропорциональны.
- 3) Динамическое подобие: Соответствующие силы, действующие на объекты, пропорциональны.
- 4) Когда геометрическое, кинематическое, динамическое подобие выполняются, можно утверждать, что объекты или явления подобны, и результаты, полученные для одного объекта, могут быть применены к другому с учетом масштабных коэффициентов.
- 5) нет правильного ответа

Ответ: 1234

Обоснование: 1234

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 4.

Прочитайте текст, выберите все правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какие бывают основные критерии подобия?

- 1) Число Рейнольдса - определяет соотношение инерционных и вязкостных сил в потоке жидкости или газа.
- 2) Число Маха - отношение скорости объекта к скорости звука в среде.
- 3) Число Фруда - соотношение инерционных и гравитационных сил.
- 4) Число Нуссельта - отношение конвективного теплообмена к проводимости.
- 5) Число Прандтля - отношение кинематической вязкости к теплопроводности.

Ответ: 12345

Обоснование: 12345

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 5.

Прочитайте текст, выберите один правильный вариант ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Дать определение критерия подобия.

- 1) величина, характеризующая состояние исследуемого процесса.
- 2) величина, определяющая связь между параметрами исследуемого процесса.
- 3) средняя мера относительной интенсивности двух физических эффектов, существенных для исследуемого процесса.
- 4) оператор математической модели исследуемого процесса.
- 5) безразмерная величина, составленная из размерных физических параметров, определяющих рассматриваемое физическое явление. Они используются для обеспечения физического подобия между моделями и реальными объектами или процессами.

Ответ: 5

Обоснование: Критерий подобия – безразмерная величина, составленная из размерных физических параметров, определяющих рассматриваемое физическое явление. Равенство всех однотипных критериев подобия для двух физических явлений и систем - необходимое и достаточное условие их физического подобия.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 6.

Прочитайте текст, выберите один правильный вариант ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

В каком случае применяется теория подобия?

- 1) при отсутствии математического описания исследуемого процесса
- 2) исследуемые процессы описываются похожими уравнениями
- 3) имеется математическое описание исследуемого процесса в виде дифференциальных уравнений
- 4) имеются математическое описание исследуемого процесса в виде дифференциальных уравнений и условия однозначности.
- 5) нет правильного ответа

Ответ: 4

Обоснование: Наиболее широко теория подобия применяется при расчёте процессов теплоотдачи, описываемых системой дифференциальных уравнений, в которую входят уравнение связи коэффициента. Система уравнений имеет множество решений. Для конкретизации решения задают условия однозначности: геометрические, физические, начальные, граничные. Решение системы уравнений практически невозможно, поэтому их применяют вместе с условиями однозначности для образования критериев подобия.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 7.

Прочитайте текст, выберите один правильный вариант ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Когда применяется метод анализа размерностей?

- 1) при отсутствии математического описания исследуемого процесса.
- 2) исследуемые процессы описываются похожими уравнениями
- 3) имеется математическое описание исследуемого процесса в виде дифференциальных уравнений
- 4) имеются математическое описание исследуемого процесса в виде дифференциальных уравнений и условия однозначности
- 5) нет правильного ответа

Ответ: 1

Обоснование: Этот метод используется для упрощения и анализа физических явлений, когда точные уравнения неизвестны или сложны для решения. Он помогает выявить основные переменные и их взаимосвязи.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 8.

Прочитайте текст, выберите один правильный вариант ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

В чем заключается полное гидродинамическое подобие?

- 1) выполнение только условия геометрического подобия
- 2) выполнение только условия динамического подобия
- 3) необходимо выполнение условий геометрического и кинематического подобия
- 4) необходимо выполнение условий геометрического, кинематического и динамического подобия.
- 5) все ответы правильные.

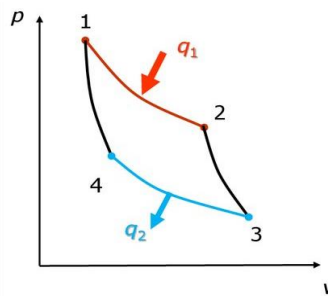
Ответ: 4

Обоснование: Геометрическое подобие означает, что все соответствующие длины в модели и прототипе пропорциональны. Кинематическое подобие требует, чтобы соответствующие скорости в модели и прототипе были пропорциональны. Динамическое подобие подразумевает, что силы, действующие в модели и прототипе, также пропорциональны.

Задание на установление последовательности
повышенный уровень

Задание 9.

Прочитайте текст и установите последовательность.



Используя диаграмму PV установите последовательность осуществления цикла Карно.

- 1) процессы повторяются начиная с изотермического расширения. Эти процессы образуют замкнутый цикл, который позволяет определить максимальную возможную эффективность тепловых машин.
- 2) адиабатическое сжатие: Рабочее тело продолжает сжиматься без теплообмена с окружающей средой, что приводит к его нагреванию до начальной температуры.
- 3) изотермическое сжатие: Рабочее тело сжимается при постоянной температуре, отдавая тепло холодному резервуару.
- 4) адиабатическое расширение: Рабочее тело продолжает расширяться без теплообмена с окружающей средой, что приводит к его охлаждению.
- 5) изотермическое расширение: Рабочее тело (например, газ) расширяется при постоянной температуре, поглощая тепло от горячего резервуара.

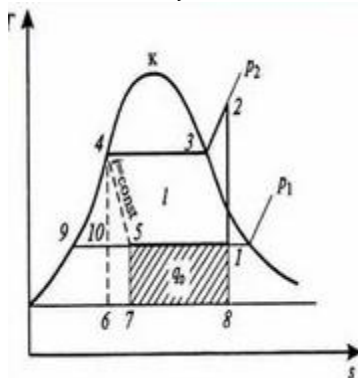
Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

Задание на установление последовательности повышенный уровень

Задание 10.

Прочитайте текст и установите последовательность.



Используя диаграмму установите последовательность холодильного цикла?

- 1) Компрессия: Хладагент поступает в компрессор в виде газа низкого давления. Компрессор сжимает газ, увеличивая его давление и температуру.
- 2) Конденсация: Сжатый газ поступает в конденсатор, где он охлаждается и конденсируется в жидкость, отдавая тепло окружающей среде.
- 3) Расширение: Жидкий хладагент проходит через расширительное устройство (например, термостатический расширительный клапан), где его давление резко падает, и он частично испаряется.
- 4) Затем хладагент возвращается в компрессор, и цикл повторяется
- 5) Испарение: Хладагент поступает в испаритель, где он полностью испаряется, поглощая тепло из охлаждаемого пространства.

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

1	2	3	5	4
---	---	---	---	---

**Задание на установление последовательности
повышенный уровень**

Задание 11.

Прочитайте текст и установите последовательность.

Установите последовательность цикла Стирлинга.

- 1) изотермическое сжатие: Газ сжимается при постоянной температуре, отдавая тепло внешнему резервуару.
- 2) изохорное охлаждение: Газ охлаждается при постоянном объеме, что приводит к снижению его температуры.
- 3) изотермическое расширение: Газ расширяется при постоянной температуре, поглощая тепло от внешнего источника.
- 4) изохорное нагревание: Газ нагревается при постоянном объеме, что приводит к увеличению его температуры
- 5) цикл повторяется начиная со сжатия газа при постоянной температуре, отдавая тепло внешнему резервуару

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

1	4	3	2	5
---	---	---	---	---

**Задание на установление последовательности
повышенный уровень**

Задание 12.

Прочитайте текст и установите последовательность.

Установите последовательность типовой схемы построения математической модели системы.

- 1) постановка задачи, декомпозиция системы (разделение сложной системы на более простые)
- 2) моделирование элементов, моделирование подсистем
- 3) разработка общего моделирующего алгоритма (модели системы)
- 4) испытание модели системы
- 5) планирование оптимизационных экспериментов.

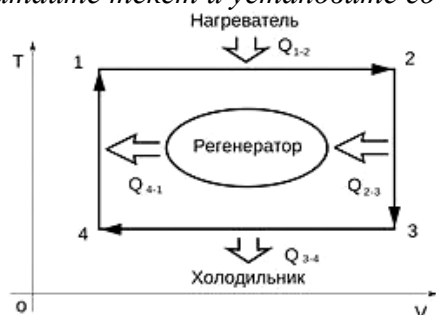
Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

**Задание на установление соответствия
повышенный уровень**

Задание 13.

Прочитайте текст и установите соответствие



Установите соответствие термодинамических процессов используя TV диаграмму цикла Стирлинга.

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

Выполняемая задача		Показатель соответствия	
А	изотермическое сжатие	1	2-3 изохорный отвод тепла от рабочего тела к регенератору
Б	изохорное охлаждение	2	3-4 изотермическое сжатие рабочего тела с отводом тепла к холодильнику
В	изотермическое расширение	3	4-1 изохорное охлаждение рабочего тела с отводом тепла от регенератора
Г	изохорное нагревание	4	1-2 изотермическое расширение рабочего тела с подводом тепла от нагревателя,

		5	4-1 изохорный нагрев рабочего тела с подводом тепла от регенератора
--	--	---	---

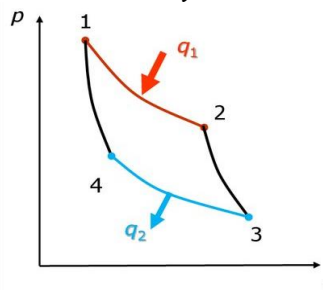
Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г
2	1	4	5

Задание на установление соответствия повышенный уровень

Задание 14.

Прочитайте текст и установите соответствие



Используя диаграмму установите соответствие термодинамических процессов в цикле Карно.

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

Выполняемая задача		Показатель соответствия	
А	изотермическое расширение	1	2-3 Рабочее тело отсоединяется от нагревателя и продолжает расширяться адиабатически (без теплообмена с окружающей средой). При этом его температура уменьшается до температуры холодильника.
Б	адиабатное расширение	2	1-2 Рабочее тело с температурой, равной температуре нагревателя, приводится в контакт с нагревателем. Нагреватель сообщает рабочему телу q_1 тепла в изотермическом процессе, при этом объём рабочего тела увеличивается.
В	изотермическое сжатие	3	4-1 Рабочее тело адиабатически сжимается до исходного размера, и его температура увеличивается до температуры нагревателя.
Г	адиабатное сжатие	4	4-1 Рабочее тело изотермически сжимается до исходного размера, и его температура увеличивается до температуры нагревателя.
		5	3-4 Рабочее тело приводится в контакт с холодильником и передает ему q_2 тепла в изотермическом процессе. При этом объём рабочего тела уменьшается.

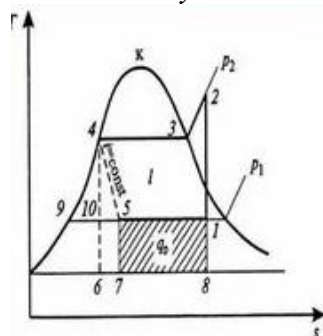
Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г
2	1	5	3

Задание на установление соответствия повышенный уровень

Задание 15.

Прочитайте текст и установите соответствие



Используя диаграмму установите соответствие термодинамических процессов в парокомпрессионной установке.

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

Выполняемая задача		Показатель соответствия	
А	1-2	1	дросселирование

Б	2-3	2	адиабатное сжатие
В	3-4	3	конденсация
Г	4-5	4	охлаждение пара до температуры насыщения
		5	испарение

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г
2	4	3	1

Задание с развернутым ответом

Высокий уровень

Задание 16.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. В случае расчетной задачи, записать решение и ответ.

Каким образом число Маха классифицирует потоки?

Ответ (решение): Число Маха классифицирует потоки следующим образом:

$Ma < 1$ - дозвуковой поток, $Ma = 1$ - звуковой поток, $Ma > 1$ - сверхзвуковой поток, $Ma > 5$ - гиперзвуковой поток. Число Маха важно при проектировании и анализе летательных аппаратов, ракет и других объектов, движущихся с высокими скоростями. Оно помогает понять, как изменяются аэродинамические характеристики при различных скоростях.

Задание с развернутым ответом

Высокий уровень

Задание 17.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. В случае расчетной задачи, записать решение и ответ.

Что представляет собой число Фруда?

Ответ (решение): Число Фруда $Fr = V / \sqrt{g \cdot L}$ - это безразмерная величина, которая характеризует соотношение инерционных и гравитационных сил в потоке жидкости. Оно особенно важно в гидродинамике и используется для анализа движения жидкостей в каналах, реках и других водоемах. Здесь V - скорость потока, g - ускорение свободного падения, L - характерный линейный размер (например, глубина потока).

Число Фруда помогает классифицировать потоки следующим образом: $Fr < 1$ - ламинарный (спокойный) поток, $Fr = 1$ - критический поток, $Fr > 1$ - турбулентный (бурный) поток. Этот критерий часто используется при проектировании гидротехнических сооружений, таких как плотины и каналы, а также при моделировании речных потоков и волн.

Задание с развернутым ответом

Высокий уровень

Задание 18.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. В случае расчетной задачи, записать решение и ответ.

Что такое число Ньютона?

Ответ (решение): Число Ньютона $Ne = F \cdot L / (m \cdot v^2)$ - это критерий подобия в механике, который выражает отношение работы внешних сил к кинетической энергии тела. Этот критерий также известен как силовое число или число мощности. Здесь F - внешняя сила, L - характерный линейный размер, m - масса тела, v - скорость тела. Число Ньютона используется для анализа движения тел под действием внешних сил и помогает понять, как эти силы влияют на кинетическую энергию объекта.

Задание с развернутым ответом

Высокий уровень

Задание 19.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. В случае расчетной задачи, записать решение и ответ.

Что представляет собой число Галилея?

Ответ (решение): Число Галилея $Ga = g \cdot L^3 / \nu^2$ - это безразмерная величина, которая используется в гидродинамике и теплопередаче для описания соотношения между силами гравитации и силами вязкости в среде. Здесь g - ускорение свободного падения, L - характерный линейный размер, ν - кинематическая вязкость. Число Галилея часто используется в задачах, связанных с естественной конвекцией и движением жидкостей и газов под действием гравитации.

Задание с развернутым ответом

Высокий уровень

Задание 20.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. В случае расчетной задачи, записать решение и ответ.

Что представляет собой Число Грасгофа?

Ответ (решение): Число Грасгофа $Gr = g \cdot \beta \cdot (T_s - T_\infty) \cdot L^3 / \nu^2$ - это безразмерная величина, которая используется для описания процесса теплообмена при естественной конвекции в поле гравитации. Оно характеризует соотношение архимедовой (выталкивающей) силы, вызванной неравномерным распределением плотности жидкости или газа в неоднородном поле температур, и сил вязкости. Здесь g - ускорение свободного падения, β - температурный коэффициент объемного расширения, T_s - температура поверхности, T_∞ - температура окружающей среды, L - характерный линейный размер, ν - кинематическая вязкость. Число Грасгофа используется для анализа и моделирования процессов естественной конвекции, таких как охлаждение нагретых поверхностей или движение воздуха в атмосфере.

3. КЛЮЧИ К ОЦЕНИВАНИЮ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ПО ВАРИАНТУ 1

№ задания	Верный ответ	Критерии
1.	1234	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
2.	12345	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
3.	1234	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
4.	12345	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
5.	5	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
6.	4	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
7.	1	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
8.	4	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
9.	54321	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
10.	12354	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
11.	14325	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
12.	12345	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
13.	A2B1B4Г5	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
14.	A2B1B5Г3	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
15.	A2B4B3Г1	1б – полное правильное соответствие

		Об – остальные случаи
16.	Число Маха классифицирует потоки следующим образом: $Ma < 1$ - дозвуковой поток, $Ma = 1$ - звуковой поток, $Ma > 1$ - сверхзвуковой поток, $Ma > 5$ - гиперзвуковой поток. Число Маха важно при проектировании и анализе летательных аппаратов, ракет и других объектов, движущихся с высокими скоростями. Оно помогает понять, как изменяются аэродинамические характеристики при различных скоростях.	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ ответ отсутствует - 0 баллов
17.	Число Фруда $Fr = V / \sqrt{g \cdot L}$ - это безразмерная величина, которая характеризует соотношение инерционных и гравитационных сил в потоке жидкости. Оно особенно важно в гидродинамике и используется для анализа движения жидкостей в каналах, реках и других водоемах. Здесь V - скорость потока, g - ускорение свободного падения, L - характерный линейный размер (например, глубина потока). Число Фруда помогает классифицировать потоки следующим образом: $Fr < 1$ - ламинарный (спокойный) поток, $Fr = 1$ - критический поток, $Fr > 1$ - турбулентный (бурный) поток. Этот критерий часто используется при проектировании гидротехнических сооружений, таких как плотины и каналы, а также при моделировании речных потоков и волн.	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ ответ отсутствует - 0 баллов
18.	Число Ньютона $Ne = F \cdot L / (m \cdot v^2)$ - это критерий подобия в механике, который выражает отношение работы внешних сил к кинетической энергии тела. Этот критерий также известен как силовое число или число мощности. Здесь F - внешняя сила, L - характерный линейный размер, m - масса тела, v - скорость тела. Число Ньютона используется для анализа движения тел под действием внешних сил и помогает понять, как эти силы влияют на кинетическую энергию объекта.	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ ответ отсутствует - 0 баллов
19.	Число Галилея $Ga = g \cdot L^3 / \nu^2$ - это безразмерная величина, которая используется в гидродинамике и теплопередаче для описания соотношения между силами гравитации и силами вязкости в среде. Здесь g - ускорение свободного падения, L - характерный линейный размер, ν - кинематическая вязкость. Число Галилея часто используется в задачах, связанных с естественной конвекцией и движением жидкостей и газов под действием гравитации.	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ ответ отсутствует - 0 баллов
20.	Число Грасгофа $Gr = g \cdot \beta \cdot (T_s - T_\infty) \cdot L^3 / \nu^2$ - это безразмерная величина, которая используется для описания процесса теплообмена при естественной конвекции	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ ответ отсутствует - 0 баллов

	в поле гравитации. Оно характеризует соотношение архимедовой (выталкивающей) силы, вызванной неравномерным распределением плотности жидкости или газа в неоднородном поле температур, и сил вязкости. Здесь g - ускорение свободного падения, β - температурный коэффициент объемного расширения, T_s - температура поверхности, T_∞ - температура окружающей среды, L - характерный линейный размер, ν - кинематическая вязкость. Число Грасгофа используется для анализа и моделирования процессов естественной конвекции, таких как охлаждение нагретых поверхностей или движение воздуха в атмосфере.	
--	---	--

Шкала оценивания теста

шкала оценивания	интервал баллов
5	27-30
4	21-26
3	14-20
2	0-13

ВАРИАНТ 2

Задание с выбором ответа базовый уровень

Задание 1.

Прочитайте текст, выберите все правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Выберите все ответы, которые **НЕ** относятся к физическому смыслу числа Пекле?

- 1) отношение конвективного и молекулярного переносов тепла в потоке
- 2) соотношение между интенсивностью теплоотдачи и температурным полем в пограничном слое потока жидкости.
- 3) отношение сил тяжести к силам упругости.
- 4) характеризует подъемную силу, возникающую в жидкости вследствие разности плотностей.
- 5) характеризует подъемную силу, возникающую в жидкости вследствие суммы плотностей.

Ответ: 2345

Обоснование: Число Пекле используется для описания эффективности переноса тепла или массы в потоке жидкости или газа. Высокие значения числа Пекле указывают на доминирование конвективного переноса, тогда как низкие значения указывают на доминирование молекулярного переноса

Задание с выбором ответа базовый уровень

Задание 2.

Прочитайте текст, выберите все правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Выберите все ответы, которые **НЕ** относятся к числу Прандтля?

- 1) подъемная сила, возникающая в жидкости вследствие разности плотностей.
- 2) отношение сил тяжести к силам давления.
- 3) мера подобия полей температур и скоростей в конвективном теплообмене
- 4) отношение конвективного и молекулярного переносов тепла в потоке.
- 5) отношение сил тяжести к подъемной силе, возникающей в жидкости вследствие разности плотностей.

Ответ: 1245

Обоснование: Число Прандтля определяется как отношение кинематической вязкости к тепловой диффузии и используется для анализа теплопередачи в жидкостях и газах. Оно помогает понять, насколько эффективно тепло передается через конвекцию по сравнению с теплопроводностью.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 3.

*Прочитайте текст, выберите **все** правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа*

Что является необходимым и достаточным признаком подобия вентиляторов?

- 1) выполнение условия геометрического подобия.
- 2) выполнение условия кинематического подобия.
- 3) выполнение условия динамического подобия.
- 4) равенство коэффициентов быстродействия.
- 5) нет правильного ответа

Ответ: 1234

Обоснование: для полного подобия вентиляторов необходимо, чтобы все соответствующие размеры, скорости и силы были пропорциональны, а также, чтобы вентиляторы имели одинаковые коэффициенты быстродействия.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 4.

*Прочитайте текст, выберите **все** правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа*

Выберите все ответы, которые **НЕ** относятся к эффекту Пельтье.

- 1) возникновение суммы температур в паре разнородных электропроводных материалов помещенное в магнитное поле.
- 2) возникновение разности давления в паре разнородных электропроводных материалов помещенное в электрическое поле.
- 3) возникновение разности температур в паре разнородных электропроводных материалов помещенное в электрическое поле
- 4) возникновение суммы давления в паре разнородных электропроводных материалов помещенное в магнитное поле.
- 5) возникновение разности давления в паре разнородных диэлектрических материалов помещенное в магнитное поле.

Ответ: 1245

Обоснование: эффект Пельтье заключается в возникновении разности температур в паре разнородных электропроводных материалов, помещенных в электрическое поле.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 5.

*Прочитайте текст, выберите **один** правильный вариант ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа*

В чем заключается физический смысл числа Рейнольдса?

- 1) величина, пропорциональная отношению сил инерции к силам вязкого трения.
- 2) величина, пропорциональная отношению сил вязкого трения к силам инерции
- 3) величина, пропорциональная отношению сил тяжести к силам инерции
- 4) величина, пропорциональная отношению сил поверхностного натяжения к силам инерции
- 5) нет правильного ответа

Ответ: 1

Обоснование: Число Рейнольдса используется для определения типа потока жидкости: ламинарного или турбулентного. При низких значениях числа Рейнольдса поток обычно ламинарный, а при высоких значениях - турбулентный.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 6.

Прочитайте текст, выберите один правильный вариант ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

В чем заключается физический смысл чисел Маха и Коши?

- 1) величина, пропорциональная отношению сил инерции к силам упругости.
- 2) величина, пропорциональная отношению сил упругости к силам инерции
- 3) величина, пропорциональная отношению сил поверхностного натяжения к силам упругости
- 4) величина, пропорциональная отношению сил упругости к силам поверхностного натяжения
- 5) нет правильного ответа

Ответ: 1

Обоснование: Число Маха используется для описания скорости объекта в среде относительно скорости звука в этой среде. Число Коши, в свою очередь, применяется в контексте сжимаемых потоков и также связано с упругими силами в среде.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 7.

Прочитайте текст, выберите один правильный вариант ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

В чем состоит подобие процессов конвективного теплообмена?

- 1) подобные процессы должны быть качественно одинаковыми
- 2) условия однозначности должны быть одинаковыми во всем
- 3) одноименные критерии подобия должны иметь одинаковые числовые значения.
- 4) выполнение всех выше перечисленных пунктов
- 5) нет правильного ответа

Ответ: 3

Обоснование: Критерии подобия, такие как число Рейнольдса, число Нуссельта и другие, используются для описания и сравнения процессов теплообмена в различных системах. Когда эти критерии имеют одинаковые значения, можно утверждать, что процессы подобны.

Задание с выбором ответа
базовый уровень

Задание 8.

Прочитайте текст, выберите один правильный вариант ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Что характеризует число Нуссельта?

- 1) отношение внутреннего термического сопротивления к внешнему термическому сопротивлению теплоотдачи.
- 2) соотношение между интенсивностью теплоотдачи и температурным полем в пограничном слое потока
- 3) соотношение сил вязкого трения к силам подъема
- 4) отношение внешнего термического сопротивления теплоотдачи к силам подъема
- 5) нет правильного ответа

Ответ: 1

Обоснование: Число Нуссельта используется для описания эффективности конвективного теплообмена. Оно показывает, насколько эффективно тепло передается от поверхности к жидкости или газу по сравнению с теплопередачей только за счет теплопроводности.

Задание на установление последовательности
повышенный уровень

Задание 9.

Прочитайте текст и установите последовательность.

Какие операции включает в себя процедура получения математических моделей элементов?

- 1) выбор свойств объекта, которые подлежат отражению в модели. Этот выбор основан на анализе возможных применений модели и определяет степень ее универсальности
- 2) сбор исходной информации о выбранных свойствах объекта. Источниками сведений могут быть опыт и знания инженера, разрабатывающего модель, научно-техническая литература, прежде всего справочная, описания прототипов – имеющихся математических моделей для элементов, близких по своим свойствам к исследуемому, результаты экспериментального измерения параметров и т.п.
- 3) синтез структуры математической модели, т.е. общего вида математических соотношений
- 4) определение числовых значений параметров модели (расчетным или экспериментальным способами)
- 5) оценка точности или адекватности модели.

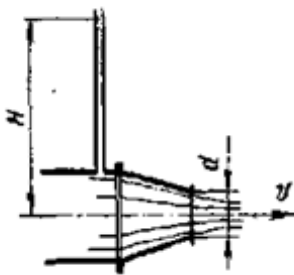
Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

4	3	2	1	5
---	---	---	---	---

Задание на установление последовательности
повышенный уровень

Задание 10.

Прочитайте текст и установите последовательность.



При испытании на воде модели насадка, выходной диаметр которого $d_m = 30$ мм, под статическим напором $H_m = 50$ м получены расход $Q_m = 18$ л/с и средняя скорость в сжатом сечении струи $w_m = 30$ м/с. Каков должен быть выходной диаметр D насадка в натуре и под каким напором H он должен работать на воде, чтобы получить $Q = 100$ л/с и $w = 60$ м/с? Считать, что испытания модели произведены в зоне турбулентной автомодельности, поэтому коэффициенты истечения для модели и натуре одинаковы.

- 1) Выходной диаметр насадка $D = \sqrt{4 * Q / (w * \pi)} = \sqrt{4 * 100 * 10^{-3} / (60 * 3,14)} = 0,046$ м
- 2) Определяем коэффициент расхода насадка модели
 $\mu = w_m / (\sqrt{2 * g * H_m}) = 30 / (\sqrt{2 * 9,8 * 50}) = 0,958$
- 3) Тогда при скорости струи $w = 60$ м/с напор составит
 $H = w^2 / (\mu^2 * 2 * g) = 60^2 / (0,958^2 * 2 * 9,8) = 200$ м
- 4) Зная, что расход через отверстие равен $Q = S * \mu * \sqrt{2 * g * H_m} = w_m * S$,
 скорость будет равна $w_m = \mu * \sqrt{2 * g * H_m}$
- 5) Ответ $D = 0,046$ м, $H = 200$ м

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

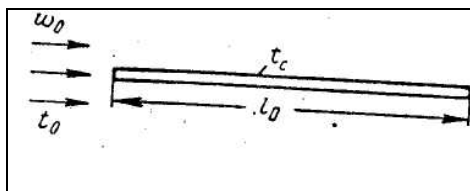
4	2	3	1	5
---	---	---	---	---

Задание на установление последовательности
повышенный уровень

Задание 11.

Прочитайте текст и установите последовательность.

	Тонкая пластина длиной $L_0 = 2$ м и шириной $a = 1,5$ м обтекается продольным потоком воздуха. Скорость и
--	--



температура набегающего потока равны соответственно $w_0 = 3$ м/с; $t_0 = 20$ °С. Температура поверхности пластины равна $t_c = 90$ °С. Определить средний по длине коэффициент теплоотдачи и количество тепла, отдаваемое пластиной воздуху.

1) Определяем $Re = w_0 * L_0 / \nu = 3 * 2 / (15,06 * 10^{-6}) = 3,98 * 10^5$ зная, что для воздуха при $t_0 = 20$ °С кинематическая вязкость равна $\nu = 15,06 * 10^{-6}$ м²/с, теплопроводность $\lambda = 2,23 * 10^{-2}$ ккал/(м*ч*град), число Прандтля $Pr = 0,703$.

2) Определяем критерий Нуссельта при $t_0 = 20$ °С.

$$Nu = 0,67 * Re^{1/2} * Pr^{1/3} = 0,67 * (3,98 * 10^5)^{1/2} * 0,703^{1/3} = 375$$

3) Зная, что $Nu = \alpha * L_0 / \lambda$ определим среднюю по длине теплоотдачу $\alpha = Nu * \lambda / L_0 = 375 * 2,23 * 10^{-2} / 2 = 4,18$ ккал/(м²*ч*град).

4) Ответ: $\alpha = 4,18$ ккал/(м²*ч*град),

$$Q = 1760 \text{ ккал / ч}$$

5) Определим количество передаваемого тепла с двух сторон пластины

$$Q = \alpha * (t_c - t_0) * F = 4,18 * (90 - 20) * 2 * 2 * 1,5 = 1760 \text{ ккал / ч}$$

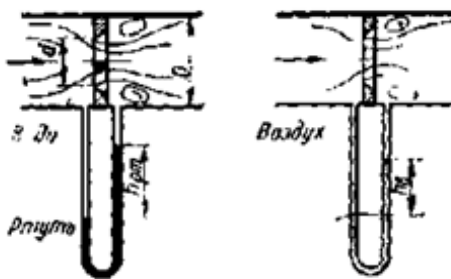
Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

1	2	3	5	4
---	---	---	---	---

Задание на установление последовательности
повышенный уровень

Задание 12.

Прочитайте текст и установите последовательность.



Диафрагма размерами $d = 100$ мм и $D = 200$ мм, предназначенная для измерения расхода воздуха, тарируется путем испытания на воде. В результате испытаний получено, что минимальный расход воды, начиная с которого коэффициент расхода диафрагмы остается постоянным, $Q_{min} = 16$ л/с, и при этом показание ртутного дифманометра, измеряющего перепад давлений на диафрагме,

$\Delta h_{рт} = 45$ мм. Кинематическая вязкость воды $\nu = 10^{-2}$ Ст, динамическая вязкость воздуха $\mu = 1,82 * 10^{-4}$ П (1 Пуаз = 0,1 Па*с) и его плотность $\rho = 1,166$ кг/м³. Указание. Значениям расхода Q_{min} при работе диафрагмы на различных жидкостях соответствует одинаковое число Рейнольдса, представляющее границу зоны турбулентной автомодельности.

Определить $Q_{возд}$ при работе диафрагмы на воздухе и найти соответствующее этому расходу воздуха показание водяного дифманометра $\Delta h_{вод}$, присоединенного к диафрагме в тех же точках.

1) Ответ: $Q_{возд} = 250$ м³/с, $\Delta h_{вод} = 0,161$ м

2) Из указания запишем $Re = w_{возд} * d / \nu_{возд} = w_{вод} * d / \nu_{вод} = const$

и зная, что кинематическая вязкость воздуха $\nu_{возд} = \mu_{возд} / \rho_{возд}$

определяем скорость воздуха

$$w_{возд} = w_{вод} * \mu_{возд} / (\rho_{возд} * \nu_{вод}) = 2,038 * 1,82 * 10^{-4} / (1,166 * 1 * 10^{-6}) = 31,81 \text{ м / с}$$

3) $Q_{возд} = w_{возд} * S = 31,81 * 0,785 * 10^{-2} = 0,2497 \text{ м}^3/\text{с} = 250 \text{ л/с}$

4) Для подобных потоков можно принять число Эйлера

$$Eu = \Delta P_{вод} / (w_{вод}^2 * \rho_{вод}) = \Delta P_{возд} / (w_{возд}^2 * \rho_{возд}) = const$$

$$\Delta P_{вод} = g * \Delta h_{рт} * (\rho_{рт} - \rho_{вод}), \quad \Delta P_{возд} = g * \Delta h_{вод} * (\rho_{вод} - \rho_{возд})$$

$$\text{Тогда } \Delta h_{вод} = \Delta h_{рт} * (\rho_{рт} - \rho_{вод}) * w_{возд}^2 * \rho_{возд} / (w_{вод}^2 * \rho_{вод} * (\rho_{вод} - \rho_{возд})) =$$

$$= 0,045 * (13,6 * 10^3 - 1 * 10^3) * 31,81^2 * 1,166 / (2,038^2 * 10^3 * (10^3 - 1,166)) = 0,161 \text{ м}$$

5) Определяем скорость воды $w_{\text{вод}} = Q_{\text{min}}/S = 4 * Q_{\text{min}} / (\pi * d^2) = 16 * 10^{-3} * 4 / (3,14 * 0,1^2) = 2,038 \text{ м/с}$

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

5	2	3	4	1
---	---	---	---	---

Задание на установление соответствия
повышенный уровень

Задание 13.

Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие величин теплового баланса бензинового двигателя.

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

Выполняемая задача		Показатель соответствия	
А	32%	1	теплота, отведённая в систему охлаждения
Б	28%	2	теплота, преобразованная в полезную работу
В	2%	3	теплота, отведённая в систему смазки
Г	38%	4	теплота, возникшая при трении поршня
		5	теплота, отведённая с отработавшими газами

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г
2	1	4	5

Задание на установление соответствия
повышенный уровень

Задание 14.

Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие величин теплового баланса дизельного двигателя.

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

Выполняемая задача		Показатель соответствия	
А	45%	1	теплота, отведённая в систему охлаждения
Б	23%	2	теплота, преобразованная в полезную работу
В	2%	3	теплота, отведённая с отработавшими газами
Г	30%	4	теплота, отведённая в систему смазки
		5	теплота, возникшая при трении поршня

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г
2	1	5	3

Задание на установление соответствия
повышенный уровень

Задание 15.

Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие определений критериев подобия

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

Выполняемая задача		Показатель соответствия	
А	критерий Фурье	1	$Pr = \nu / \alpha = \mu C_p / k$ - безразмерное число, которое характеризует соотношение между диффузией импульса (вязкостью) и тепловой диффузией. ν - кинематическая вязкость, α - тепловая диффузия, μ - динамическая вязкость, C_p - удельная теплоемкость при постоянном давлении, k - теплопроводность
Б	критерий Пекле	2	$Fo = \alpha * \tau / L^2$ - безразмерное число, которое характеризует отношение теплопроводности к теплоемкости в процессе

			теплопередачи. α - коэффициент теплопроводности, τ - время, L - характерная длина (например, толщина материала). Используется для анализа нестационарных процессов теплопередачи и помогает определить, насколько быстро температура в материале изменяется с течением времени
В	критерий Нуссельта	3	$Nu = \alpha_k * L / \lambda$ - безразмерное число, которое характеризует соотношение между интенсивностью теплообмена за счёт конвекции и интенсивностью теплообмена за счёт теплопроводности. α_k - коэффициент теплоотдачи, L - характерная длина (например, диаметр трубы), λ - коэффициент теплопроводности среды. Число используется для анализа процессов конвективного теплообмена и помогает определить эффективность теплопередачи в различных системах. Высокие значения числа указывают на сильный конвективный теплообмен, что характерно для турбулентных течений
Г	критерий Прандтля	4	$Pe = u * L / D$ - безразмерное число, которое характеризует отношение конвективного переноса к молекулярному переносу тепла или массы в потоке. u - скорость потока, L - характерная длина (например, диаметр трубы), D - коэффициент диффузии (тепловой или массовой). Высокие значения числа указывают на доминирование конвективного переноса, тогда как низкие значения указывают на доминирование молекулярного переноса
		5	$Ma = V/a$ - это безразмерная величина, которая показывает отношение скорости объекта к скорости звука в данной среде. Оно используется для описания различных режимов движения в аэродинамике и газодинамике. V - скорость объекта, a - скорость звука в среде. Число важно при проектировании и анализе летательных аппаратов, ракет и других объектов, движущихся с высокими скоростями.

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г
2	4	3	1

Задание с развернутым ответом

Высокий уровень

Задание 16.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. В случае расчетной задачи, записать решение и ответ.

Что такое число Вомерсли?

Ответ (решение): Число Вомерсли (Wo) - это безразмерная величина, используемая в биомеханике жидкостей и динамике жидкостей для описания соотношения между частотой пульсаций потока и вязкими эффектами. Оно особенно важно при анализе пульсирующего потока, например, кровотока в артериях. Формула для числа Вомерсли выглядит следующим образом: $Wo = \sqrt{\omega * L^2 / \nu}$, где ω - угловая частота пульсаций, L - характерный линейный размер (например, радиус трубы или сосуда), ν кинематическая вязкость жидкости. Число Вомерсли помогает понять, как частота пульсаций влияет на профиль скорости в потоке. При малых значениях Wo (меньше 1) профиль скорости имеет параболическую форму. При больших значениях Wo (больше 10) профиль скорости становится более плоским и запаздывает по фазе относительного градиента давления.

Задание с развернутым ответом

Высокий уровень

Задание 17.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. В случае расчетной задачи, записать решение и ответ.

Как вы понимаете динамическое подобие?

Ответ (решение): Динамическое подобие - это концепция в механике жидкостей и газов, которая подразумевает, что все силы в модели и прототипе должны масштабироваться по постоянному коэффициенту. Это означает, что относительная важность различных типов сил (например, вязких и инерционных сил) должна быть одинаковой для модели и прототипа. Для достижения динамического подобия необходимо, чтобы модель и прототип имели одинаковые безразмерные параметры, такие как число Рейнольдса (Re) и число Вомерсли (Wo). Основные условия динамического подобия: Геометрическое подобие - модель и прототип должны иметь одинаковую форму, но могут быть масштабированы по размеру. Кинематическое подобие - скорости в любой точке модели должны быть пропорциональны скоростям в соответствующих точках прототипа. Динамическое подобие - все силы в модели должны масштабироваться по постоянному коэффициенту к соответствующим силам в прототипе. Например. Если мы моделируем поток жидкости вокруг крыла самолета, то для достижения динамического подобия необходимо, чтобы числа Рейнольдса для модели и прототипа совпадали. Это гарантирует, что соотношение инерционных и вязкостных сил будет одинаковым, и результаты эксперимента на модели можно будет применить к реальному объекту.

Задание с развернутым ответом
Высокий уровень

Задание 18.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. В случае расчетной задачи, записать решение и ответ.

Ответ (решение): Кинематическое подобие - это один из видов подобия в механике жидкостей и газов, который подразумевает, что движение жидкости в модели и прототипе должно быть подобным. Это означает, что скорости в любой точке модели пропорциональны скоростям в соответствующих точках прототипа с постоянным коэффициентом масштабирования. Кинематическое подобие включает в себя: Геометрическое подобие - модель и прототип должны иметь одинаковую форму, но могут быть масштабированы по размеру. Временное подобие - временные интервалы в модели и прототипе должны быть пропорциональны. Для достижения кинематического подобия важно, чтобы числа Рейнольдса (Re) модели и прототипа совпадали. Это гарантирует, что соотношение инерционных и вязкостных сил в обоих случаях будет одинаковым. Примером может служить моделирование потока жидкости в уменьшенной копии реки. Для того чтобы результаты эксперимента на модели были применимы к реальной реке, необходимо обеспечить кинематическое подобие, что включает в себя совпадение чисел Рейнольдса для модели и прототипа.

Задание с развернутым ответом
Высокий уровень

Задание 19.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. В случае расчетной задачи, записать решение и ответ.

Как вы понимаете геометрическое подобие?

Ответ (решение): Из геометрии известно, что геометрическое подобие означает пропорциональность сходственных размеров и равенство соответствующих углов. В гидравлике под геометрическим подобием понимают подобие тех поверхностей, которые ограничивают потоки жидкости. Таким образом, в гидравлике геометрическое подобие означает подобие русел или трубопроводов, по которым течёт жидкость.

Задание с развернутым ответом
Высокий уровень

Задание 20.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. В случае расчетной задачи, записать решение и ответ.

Что такое число Эйлера?

Ответ (решение): Число Эйлера $Eu = \Delta P / (\rho * V^2)$ - это безразмерная величина, используемая в гидродинамике для описания соотношения между локальным падением давления, вызванным гидравлическими потерями, и кинетической энергией на единицу объема потока. Здесь ΔP - локальное падение давления, ρ - плотность жидкости, V - скорость потока. Число Эйлера используется для характеристики потерь энергии в потоке и помогает анализировать процессы, связанные с движением жидкостей и газов.

3. КЛЮЧИ К ОЦЕНИВАНИЮ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ПО ВАРИАНТУ 2

№ задания	Верный ответ	Критерии
1.	2345	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
2.	1245	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
3.	1234	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
4.	1245	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
5.	1	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
6.	1	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
7.	3	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
8.	1	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
9.	43215	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
10.	42315	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
11.	12354	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
12.	52341	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
13.	A2B1B4Г5	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
14.	A2B1B5Г3	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
15.	A2B4B3Г1	1б – полное правильное соответствие 0б – остальные случаи
16.	Число Вомерсли (Wo) - это безразмерная величина, используемая в био-механике жидкостей и динамике жидкостей для описания соотношения между частотой пульсаций потока и вязкими эффектами. Оно особенно важно при анализе пульсирующего потока, например, кровотока в артериях. Формула для числа Вомерсли выглядит следующим образом: $Wo = \sqrt{\omega * L^2 / \nu}$, где ω - угловая частота пульсаций, L - характерный линейный размер (например, радиус трубы или сосуда), ν кинематическая вязкость жидкости. Число Вомерсли помогает понять, как частота пульсаций влияет на профиль скорости в потоке. При малых значениях Wo (меньше 1) профиль	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ ответ отсутствует - 0 баллов

	скорости имеет параболическую форму. При больших значениях Wo (больше 10) профиль скорости становится более плоским и запаздывает по фазе относительного градиента давления.	
17.	Динамическое подобие - это концепция в механике жидкостей и газов, которая подразумевает, что все силы в модели и прототипе должны масштабироваться по постоянному коэффициенту. Это означает, что относительная важность различных типов сил (например, вязких и инерционных сил) должна быть одинаковой для модели и прототипа. Для достижения динамического подобия необходимо, чтобы модель и прототип имели одинаковые безразмерные параметры, такие как число Рейнольдса (Re) и число Вомерсли (Wo). Основные условия динамического подобия: Геометрическое подобие - модель и прототип должны иметь одинаковую форму, но могут быть масштабированы по размеру. Кинематическое подобие - скорости в любой точке модели должны быть пропорциональны скоростям в соответствующих точках прототипа. Динамическое подобие - все силы в модели должны масштабироваться по постоянному коэффициенту к соответствующим силам в прототипе. Например. Если мы моделируем поток жидкости вокруг крыла самолета, то для достижения динамического подобия необходимо, чтобы числа Рейнольдса для модели и прототипа совпадали. Это гарантирует, что соотношение инерционных и вязкостных сил будет одинаковым, и результаты эксперимента на модели можно будет применить к реальному объекту.	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ ответ отсутствует - 0 баллов
18.	Кинематическое подобие - это один из видов подобия в механике жидкостей и газов, который подразумевает, что движение жидкости в модели и прототипе должно быть подобным. Это означает, что скорости в любой точке модели пропорциональны скоростям в соответствующих точках прототипа с постоянным коэффициентом масштабирования. Кинематическое подобие включает в себя: Геометрическое подобие - модель и прототип должны иметь одинаковую форму, но могут быть масштабированы по размеру. Временное подобие - временные интервалы в модели и прототипе должны быть пропорциональны. Для достижения кинематического подобия важно, чтобы числа Рейнольдса (Re) модели и прототипа совпадали. Это гарантирует, что соотношение инерционных и вязкостных сил в обоих случаях будет одинаковым. Примером может служить моделирование потока жидкости в уменьшенной копии реки. Для того чтобы результаты эксперимента на	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ ответ отсутствует - 0 баллов

	модели были применимы к реальной реке, необходимо обеспечить кинематическое подобие, что включает в себя совпадение чисел Рейнольдса для модели и прототипа.	
19.	Из геометрии известно, что геометрическое подобие означает пропорциональность сходственных размеров и равенство соответствующих углов. В гидравлике под геометрическим подобием понимают подобие тех поверхностей, которые ограничивают потоки жидкости. Таким образом, в гидравлике геометрическое подобие означает подобие русел или трубопроводов, по которым течёт жидкость.	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ ответ отсутствует - 0 баллов
20.	Число Эйлера $E_d = \Delta P / (\rho * V^2)$ - это безразмерная величина, используемая в гидродинамике для описания соотношения между локальным падением давления, вызванным гидравлическими потерями, и кинетической энергией на единицу объёма потока. Здесь ΔP - локальное падение давления, ρ - плотность жидкости, V - скорость потока. Число Эйлера используется для характеристики потерь энергии в потоке и помогает анализировать процессы, связанные с движением жидкостей и газов.	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ ответ отсутствует - 0 баллов

Шкала оценивания теста

шкала оценивания	интервал баллов
5	27-30
4	21-26
3	14-20
2	0-13

Оценочные средства по дисциплине «Методы подобия физических процессов»

Вопросы при защите практических работ: (базовый уровень)

1. Закон Ньютона-Рихмана.
2. Что такое естественная конвекция?
3. Какими могут быть движения жидкости? В чем их особенности?
4. При ламинарном режиме теплота передается теплопроводностью?
5. При турбулентном режиме теплота передается в ламинарном подслое теплопроводностью, в основной массе - турбулентным перемешиванием?
6. Уравнение, описывающее процесс теплоотдачи на границе тела (слоя жидкости или газа).
7. Какое уравнение позволяет по известному полю температур в жидкости определить коэффициент теплоотдачи α ?
8. Уравнением Навье-Стокса.
9. Теория подобия распространяет понятие подобия на любое физическое явление?
10. Физические явления считаются подобными, если они относятся к одному и тому же классу, протекают в геометрически подобных системах и подобны все однородные физические величины, характеризующие явления?
11. Числа подобия.
12. Число Нуссельта.

13. Что такое критерии подобия?
14. критерий Рейнольдса, критерий Грасгофа, критерий Прандтля.
15. Основные положения теории подобия.
16. Теории подобия позволяет, не интегрируя дифференциальные уравнения, получить из них критерии подобия и, используя данные эксперимента, получить критериальные зависимости, которые справедливы для всех подобных между собой процессов?
17. При экспериментальных исследованиях часто пользуются моделированием - методом изучения явления (процесса) на моделях?
18. Что позволяет получить теория подобия, не решая дифференциальных уравнений, описывающих изучаемый процесс?
19. При проведении любого эксперимента что всегда необходимо знать?
20. Пример теплового подобия.
21. Пример гидромеханического подобия.
22. Правильно, ли утверждение, что при движении жидкости в трубах (рис. 1.4) развитый турбулентный режим наступает при $Re > 10^4$?
23. Что такое свободное движение жидкости?

Выполняется в соответствии с:

- Методическими указаниями к практическим занятиям по дисциплине «Методы подобия физических процессов» (для студентов направления подготовки 13.04.03.«Энергетическое машиностроение» специальности «Двигатели внутреннего сгорания)/ Сост. А.С.Ковтун, А.А.Данилейченко. - Луганск: Изд-во ЛНУ им.В.Даля, 2019. – 51с.;
- Методическими указаниями к выполнению домашнего задания по дисциплине «Методы подобия физических процессов» (для студентов технических специальностей)/ Сост.: Ю.А. Куликов, - Луганск: Изд-во ЛНУ, 2018 – 35 с.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству практическая работа

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Практическая работа выполнена на высоком уровне (измерения, расчеты, оформление, представление итогового материала даны технически правильно на 75-100 %, соответствуют правильному решению на 90-100 % вопросов/задач)
4	Практическая работа выполнена на среднем уровне (измерения, расчеты, оформление, представление итогового материала даны технически правильно на 50-75 %, соответствуют правильному решению на 75-89 % вопросов/задач)
3	Практическая работа выполнена на низком уровне (измерения, расчеты, оформление, представление итогового материала даны технически правильно 40-50 %, соответствуют правильному решению на 50-74 % вопросов/задач)
2	Практическая работа выполнена на неудовлетворительном уровне (измерения, расчеты, оформление, представление итогового материала даны технически неправильно, соответствуют правильному решению менее чем на 50 %)

Варианты и вопросы при защите индивидуального задания:

(высокий уровень)

Тема: определить средние коэффициенты теплоотдачи $[Вт/(м^2 \cdot К)]$ от воды к стенке $\overline{\alpha_1}$, и воздуху $\overline{\alpha_2}$, линейный коэффициент теплопередачи $K_1 [Вт/(м^2 \cdot К)]$, количество теплоты, переданное от воды к воздуху в секунду одним метром длины трубы, $q_1 [кДж/(с \cdot м)]$.

Исходные данные

№ задачи	d_1 , мм	δ , мм	ℓ , м	λ , Вт/(м·К)	w , м/с	t_{fl} , °C	Ответ K_1 , Вт/(м·К)
1	2	3	4	5	6	7	8
1	20	2,5	2,0	30	0,2	50	0,197
2	30	3,0	1,5	35	0,3	60	0,275
3	46	2,5	2,2	40	0,4	70	0,385
4	64	3,0	4,0	25	0,5	80	0,505
5	100	4,0	5,0	38	0,6	90	0,735
6	20	2,5	1,0	70	0,6	90	0,219
7	30	3,0	1,3	75	0,5	80	0,307
8	46	2,5	1,1	80	0,4	70	0,383
9	64	3,0	1,55	73	0,3	60	0,460
10	100	4,0	3,6	82	0,2	50	0,586
11	20	2,5	0,9	40	1,0	50	0,195
12	30	3,0	1,5	42	1,2	60	0,277
13	46	2,5	3,0	50	1,4	70	0,383
14	64	3,0	2,0	48	1,6	80	0,506
15	100	4,0	4,0	35	1,8	90	0,736
16	20	2,5	0,8	372	0,25	90	0,244
17	30	3,0	1,4	378	0,35	80	0,309
18	46	2,5	1,85	384	0,45	70	0,381
19	64	3,0	2,5	390	0,55	60	0,464
20	100	4,0	4,2	395	0,65	50	0,589
21	20	2,5	1,0	37	0,05	50	0,192
22	30	3,0	1,2	42	0,04	60	0,252
23	46	2,5	1,95	39	0,03	70	0,359
24	64	3,0	2,8	40	0,02	80	0,470
25	100	4,0	3,5	45	0,01	90	0,630
26	20	2,5	1,25	72	1,1	90	0,197
27	30	3,0	2,0	76	1,2	80	0,279
28	46	2,5	1,75	80	1,3	70	0,381
29	64	3,0	2,2	82	1,4	60	0,505
30	100	4,0	5,4	78	1,5	50	0,732

Вопросы при защите индивидуального задания:

1. Что называется конвективным теплообменом?
2. Виды конвекции.
3. Тепловой пограничный слой и его физический смысл.
4. Виды движения жидкости.
5. Число Рейнольдса.
6. Критическое значение числа Рейнольдса.
7. Механизм передачи теплоты при ламинарном и турбулентном движениях жидкости?
8. Закон Ньютона-Рихмана.
9. Определение коэффициента теплоотдачи.
10. Условия однозначности.
11. Значение теории подобия.
12. От каких величин зависит коэффициент теплоотдачи?
13. Три теоремы подобия.
14. Какие числа подобия получают из дифференциальных уравнений конвективного теплообмена?
15. Уравнение подобия.

16. Числа подобия конвективного теплообмена для газов и капельных жидкостей.
17. Каким соотношением учитывается направление теплового потока?
18. Средняя температура жидкости.
19. Средняя скорости жидкости.
20. Эквивалентный диаметр для каналов некруглого сечения.
21. Критическое число Рейнольдса.
22. Как влияет свободная конвекция на теплоотдачу при ламинарном движении жидкости?
23. Уравнения подобия при ламинарном движении жидкости.
24. Определяющие значения геометрического размера и температуры.
25. Уравнения подобия при турбулентном движении жидкости.
26. Теплоотдача в змеевиках.
27. Уравнения подобия при движении жидкости вдоль пластины.
28. Уравнения подобия для одиночной трубы при поперечном движении жидкости.
29. Пучки труб, применяемые в технике.
30. Уравнения подобия для пучков труб при поперечном движении жидкости.
31. Средний коэффициент теплоотдачи для пучка труб.
32. Механизм возникновения свободного движения жидкости.
33. Свободное движение жидкости у вертикальной стенки.
34. Уравнения подобия при свободном движении жидкости.

Выполняется в соответствии с методическими указаниями к выполнению домашнего задания по дисциплине «Методы подобия физических процессов» (для студентов технических специальностей)/ Сост.: Ю.А. Куликов, - Луганск: Изд-во ЛНУ, 2018 – 35 с.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству индивидуальное задание

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Задание представлено на высоком уровне (студент полностью представил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.). Изложение и оформление текста полностью соответствует требованиям оформления технического текста
4	Задание представлено на среднем уровне (студент в целом изложил рассматриваемую проблематику, привел мало аргументов в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.). Изложение и оформление текста в основном соответствует требованиям оформления технического текста
3	Задание представлено на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.). Изложение и оформление текста частично соответствует требованиям оформления технического текста
2	Задание представлено на неудовлетворительном уровне или не представлено (студент не готов, не выполнил задание и т.п.). Изложение и оформление текста полностью не соответствует требованиям оформлению технического текста

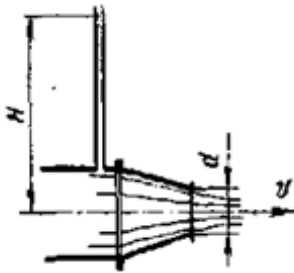
Контрольная работа: (базовый уровень)

1. Определить коэффициент теплоотдачи и количество переданной теплоты при течении воды в горизонтальной трубе диаметром $d = 0,008\text{ м}$ и длиной $l = 6\text{ м}$, если

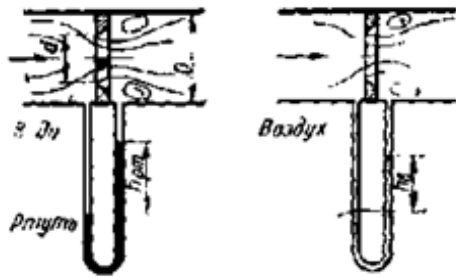
скорость течения воды $w = 0,1 \text{ м/с}$; температура воды $t_{\text{ж}} = 80^\circ \text{С}$; температура стенки трубы $t_{\text{ст}} = 20^\circ \text{С}$.

2. Определить коэффициент теплоотдачи α воздуха, протекающего со скоростью $w = 10 \text{ м/с}$ в прямой трубе диаметром $d = 0,1 \text{ м}$ и длиной $l = 2 \text{ м}$. Средняя температура воздуха $t_{\text{ж}} = 120^\circ \text{С}$.

3. Гладкая пластина шириной $1,5 \text{ м}$ и длиной $l = 2,0 \text{ м}$ обтекается продольным потоком воздуха с температурой $T_{\text{ж}} = 293 \text{ К}$ и со скоростью $w = 4,0 \text{ м/с}$. Вычислить коэффициент теплоотдачи α и тепловой поток Q , если температура поверхности плиты $T_{\text{ст}} = 353 \text{ К}$.



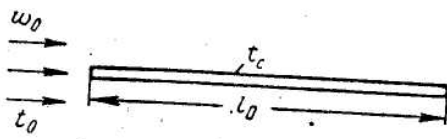
4. При испытании на воде модели насадка, выходной диаметр которого $d_m = 30 \text{ мм}$, под статическим напором $H_m = 50 \text{ мм}$ получены расход $Q_m = 18 \text{ л/с}$ и средняя скорость в сжатом сечении струи $w_m = 30 \text{ м/с}$. Каков должен быть выходной диаметр и насадка в натуре и под каким напором H он должен работать на воде, чтобы получить $Q = 100 \text{ л/с}$ и $w = 60 \text{ м/с}$? Считать, что испытания модели произведены в зоне турбулентной автомодельности, поэтому коэффициенты истечения для модели и натуре одинаковы.



5. Диафрагма размерами $d = 100 \text{ мм}$ и $D = 200 \text{ мм}$, предназначенная для измерения расхода воздуха, тарируется путем испытания на воде. В результате испытаний получено, что минимальный расход воды, начиная с которого коэффициент расхода диафрагмы остается постоянным, $Q_{\min} = 16 \text{ л/с}$, и при этом показание ртутного дифманометра, измеряющего перепад давлений на диафрагме, $h_{\text{рт}} = 45 \text{ мм}$.

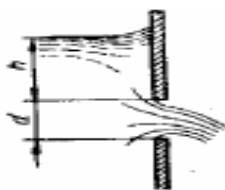
1. Определить $Q_{\min}$ при работе диафрагмы на воздухе. 2. Найти соответствующее этому расходу воздуха показание водяного дифманометра h_v , присоединенного к диафрагме в тех же точках. Кинематическая вязкость воды $\nu = 10^{-2} \text{ Ст}$, динамическая вязкость воздуха $\mu = 1,82 \cdot 10^{-4} \text{ П}$ ($1 \text{ Пуаз} = 0,1 \text{ Па} \cdot \text{с}$) и его плотность $\rho = 1,166 \text{ кг/м}^3$. *Указание.* Значениям расхода $Q_{\min}$ при работе диафрагмы на различных жидкостях соответствует одинаковое число Рейнольдса, представляющее границу зоны турбулентной автомодельности.

6. Тонкая пластина длиной $l_0 = 2 \text{ м}$ и шириной $a = 1,5 \text{ м}$ обтекается продольным потоком воздуха. Скорость и температура набегающего потока равны соответственно $w_0 = 3 \text{ м/с}$; $t_0 = 20^\circ \text{С}$. Температура поверхности пластины равна $t_c = 90^\circ \text{С}$. Определить средний по длине коэффициент теплоотдачи и количество тепла, отдаваемое пластиной воздуху.

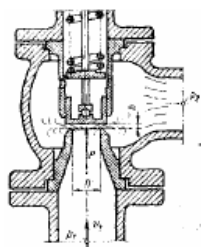


7. Вычислить для условий задачи № 3 толщину гидродинамического пограничного слоя и значения местных коэффициентов теплоотдачи на расстояниях от передней кромки пластины $x = 0,1 L_0$; $x = 0,2 L_0$; $x = 0,5 L_0$ и $x = L_0$. Построить график зависимости толщины гидродинамического пограничного слоя δ_l и коэффициента теплоотдачи от расстояния x/L_0 .

8. Истечение керосина ($\nu_k = 0,045 \text{ Ст}$) через отверстие диаметром d моделируется на воде ($\nu_m = 0,01 \text{ Ст}$) при соблюдении вязкостного и гравитационного подобия. 1. Определить диаметр отверстия d_m для модели. 2. В каком отношении должны находиться высоты уровней для натуре h и модели h_m ? 3. В каком отношении при выполнении этих условий будут находиться расход Q и Q_m ? Значение d_m берется из таблицы в соответствии с номером в списке группы.



Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Диаметр отверстия d , мм	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Номер варианта	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Диаметр отверстия d , мм	55	60	65	70	75	80	85	90	95



9. Предохранительный клапан диаметром D_m при открытии $h_m = 2$ мм пропускает расход масла Q_m под перепадом давлений $\Delta p_m = p_1 - p_2 = 1$ МПа. При этом сила давления на клапан P_m . Как следует изменить диаметр клапана, чтобы при увеличении расхода той же жидкости в 4 раза требуемый перепад давлений увеличился только в 2 раза? Найти открытие клапана h и действующую на него силу P . Воспользоваться соотношением $h/h_m = D/D_m$. Считать, что клапан работает в квадратичной зоне сопротивления. Значения D_m , Q_m , и P_m берутся из таблицы в соответствии с номером в списке группы.

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Диаметр D_m , мм	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
Расход масла Q_m , л/с	5	7	10	12	15	17	20	22	24	25
Сила давления P_m , Н	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
Номер варианта	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Диаметр D_m , мм	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48
Расход масла Q_m , л/с	27	30	32	34	36	38	40	42	44	46
Сила давления P_m , Н	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145

10. На воздушной модели парового котла, выполненной в масштабе 1/8 натуральной величины, производилось изучение теплоотдачи конвекцией. Для первого газотока модели при различных скоростях воздуха были получены следующие значения коэффициента теплоотдачи.

ω , м/с	2,0	3,14	4,65	8,8
α , ккал/м ² ·ч·град	43,4	59,0	78,0	121,4

Средняя температура воздуха, проходящего через модель, $t_{жм} = 20$ °С. Диаметр трубок модели $d_m = 12,5$ мм. Коэффициент теплоотдачи им при обработке опытных данных был отнесен к средней арифметической разности температур между жидкостью и стенкой. На основе данных, полученных на модели, найти формулу для расчета теплоотдачи конвекции в 1-м газотоке котла в виде зависимости $Nu = f(Re)$.

Вопросы по оценочному средству промежуточной аттестации (зачет):

БИЛЕТ № 1

1. История подобию физических процессов.
2. Процессы передачи теплоты в цилиндрах д.в.с.

БИЛЕТ № 2

1. Физико-математические основы термодинамики применительно к теории подобию.

2. Термодинамические процессы циклов д.в.с. и параметры состояния продуктов сгорания (Р.Т.).

БИЛЕТ № 3

1. Параметры состояния рабочих тел, участвующих в термодинамических и тепловых процессах тепловых двигателей.
2. Критериальные уравнения.

БИЛЕТ № 4

1. Параметры, характеризующие уравнение состояния Клапейрона.
2. Однородные величины (параметры).

БИЛЕТ № 5

1. Параметры, характеризующие уравнение состояния Ван-дер-Ваальса.
2. Методы аналогий.

БИЛЕТ № 6

1. Параметры, характеризующие уравнение неразрывностей.
2. Теория размерностей.

БИЛЕТ № 7

1. Параметры, характеризующие уравнение Навье – Стокса.
2. Системы дифференциальных уравнений, описывающих конвективный теплообмен.

БИЛЕТ № 8

1. Параметры, характеризующие уравнение переноса теплоты (теплопроводности).
2. Определяющие значения температуры и геометрических размеров.

БИЛЕТ № 9

1. Основные условия подобия физических процессов.
2. Третья теорема подобия.

БИЛЕТ № 10

1. Теоремы подобия.
2. Вторая теорема подобия.

БИЛЕТ № 11

1. Критерии подобия Рейнольдса.
2. Первая теорема подобия.

БИЛЕТ № 12

1. Критерии подобия Прандтля.
2. Моделирование при проведении экспериментальных исследований.

БИЛЕТ № 13

1. Критерии подобия Грасгофа.
2. Аналогия тепломассообмена и массообмена.

БИЛЕТ № 14

1. Критерии подобия Грасгофа.
2. Применение теории подобия при описании массообмена.

БИЛЕТ № 15

1. Критерии подобия Фурье.
2. Применение теории подобия при описании процессов пузырькового кипения жидкости (уравнение Толубинского).

БИЛЕТ № 16

1. Критерии подобия Нуссельта.
2. Применение теории подобия к процессам теплообмена при конденсации.

БИЛЕТ № 17

1. Критериальное уравнение описывающее теплоотдачу: при ламинарном движении жидкости вдоль пластины (плиты).
2. Теория подобия по отношению к веществам, находящимся в соответственном состоянии. Закон соответственных состояний.

БИЛЕТ № 18

1. Критериальное уравнение описывающее теплоотдачу: при турбулентном движении жидкости вдоль пластины (плиты).

- 2 Применение теории подобия при описании процессов кипения.

БИЛЕТ № 19

- 1 Критериальное уравнение описывающее теплоотдачу: при турбулентном движении жидкости и поперечном остывании одиночной трубы.
- 2 Режимы движения жидкостей при теплообмене.

БИЛЕТ № 20

- 1 Теплоотдача в радиаторах.
- 2 Требования теории подобия к проведению экспериментальных исследований.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточной аттестации (зачет)

Характеристика знания предмета и ответов	Зачеты
Студент глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.	зачтено
Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.	
Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно четкие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.	
Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы.	не зачтено

9. Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

При необходимости рабочая программа учебной дисциплины может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Для этого требуется заявление студента (его законного представителя) и заключение психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК). В случае необходимости обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося), а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида могут предлагаться следующие варианты восприятия учебной информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников, например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения – аудиально;

– применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной (модулем), за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;

– применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;

– применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;

– увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:

– продолжительность сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, – не более чем на 90 минут;

– продолжительность подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, – не более чем на 20 минут;

– продолжительность выступления обучающегося при защите курсовой работы – не более чем на 15 минут.

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений с указанием страниц	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)
1.			
2.			
3.			
4.			