Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 03.06.2024 17:55:04
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

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

Факультет химической технологии и биотехнологии

УТВЕРЖДАЮ
Декан
_____ /А.С. Соколов /
«13» февраля 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Методы подобия физических процессов»

Направление подготовки
16.04.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения

Профиль **«Криогенные технологии индустрии водорода и систем сжиженного газа»**

Квалификация
Магистр

Форма обучения
Очная

Москва, 2024 г.

Разработчик(и):

доцент, к.т.н. / А.Е. Ермолаев /

Согласовано:
Заведующий кафедрой «Техника низких температур»,
к.т.н. / Д.А. Некрасов /

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине....4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы....4
3. Структура и содержание дисциплины....4
   - 3.1. Виды учебной работы и трудоемкость....4
   - 3.2. Тематический план изучения дисциплины....6
   - 3.3. Содержание дисциплины....7
   - 3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий....7
   - 3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ)....7
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение....7
   - 4.1. Нормативные документы и ГОСТы....7
   - 4.2. Основная литература....7
   - 4.3. Дополнительная литература....7
   - 4.4. Электронные образовательные ресурсы....8
   - 4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение....8
   - 4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы....8
5. Материально-техническое обеспечение....8
6. Методические рекомендации....8
   - 6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения....8
   - 6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины....8
7. Фонд оценочных средств....9
   - 7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения....9
   - 7.2. Шкала и критерии оценивания результатов обучения....9
   - 7.3. Оценочные средства....9

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

К **основным целям** освоения дисциплины «**Методы подобия физических процессов**» следует отнести:

- формирование знаний по основам теории подобия физических процессов и анализа размерностей в области тепловых машин (преимущественно, машин и аппаратов низкотемпературной техники), использованию их при построении математических моделей физических процессов, происходящих в машинах и аппаратах низкотемпературной техники.

К **основным задачам** освоения дисциплины «**Методы подобия физических процессов**» следует отнести:

- привитие навыков и выработка умения применять физическое моделирование процессов гидрогазодинамики, тепло- и массообмена в агрегатах узлах и системах низкотемпературной техники при использовании расчетно-экспериментальных методов их разработки, проектирования и оценки характеристик.

Обучение по дисциплине «Методы подобия физических процессов» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	ИУК-1.1. Анализирует проблемную ситуацию как систему, осуществляет её декомпозицию и определяет связи между ее составляющими. ИУК-1.2. Определяет противоречивость и пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, а также критически оценивает релевантность используемых информационных источников. ИУК-1.3. Разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов с учетом оценки существующих рисков и возможностей их минимизации.
ОПК-3. Способен работать в научном коллективе, готов генерировать, оценивать и использовать новые идеи, способен находить творческие, нестандартные решения профессиональных и социальных задач;	ИОПК-3.1. Знает: типовые культурные, этнические, конфессиональные и социальные особенности различных общностей ИОПК-3.2. Умеет: оценивать и использовать новые идеи, для решения нестандартных профессиональных задач ИОПК-3.3. Владеет: Навыками грамотной постановки задачи, оценки предлагаемых решений и ведения переговоров
ПК-2 - готовность использовать прикладное и специализированное программное обеспечение	- Знает прикладные компьютерные программы для разработки технической документации и создания презентаций - Умеет применять программные средства общего и

	специального назначения для интеллектуальной обработки полученных данных и цифрового моделирования путей их применения - Умеет применять программы дополненной и виртуальной реальности для параллельного цифрового проектирования изделия по тематике и моделирования путей его разработки и изготовления

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части блока Б1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина «Методы подобия физических процессов» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами ООП:

– Теоретические основы криогенной техники

– Вычислительная газогидромеханика, тепломассообмен и компьютерное моделирование

– Планирование, обработка и анализ эксперимента.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(е) единиц(ы) (108 часа (ов)).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость
(по формам обучения)

3.1.1. Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры	
			1	
1	**Аудиторные занятия**	**32**	32	
	В том числе:			
1.1	Лекции	16	16	
1.2	Семинарские/практические занятия	16	16	
1.3	Лабораторные занятия			
2	**Самостоятельная работа**	**76**	76	
	В том числе:			
2.1	Выполнение домашнего задания	38	38	
2.2	Работа с литературой	38	38	
2.3				
3	**Промежуточная аттестация**			
	Зачет/диф.зачет/экзамен	**Зачет**	**Зачет**	
	Итого	**108**	108	

3.2 Тематический план изучения дисциплины
(по формам обучения)

3.2.1. Очная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	**Раздел 1. Анализ размерностей**	36	6	6			24
1.1	Тема 1.1. Понятие размерностей.	12	2	2			6
1.2	Тема 1.2. Общие закономерности формирования критериев подобия на основе анализа размерностей.	12	2	2			6
1.3	Тема 1.3. Соотношение между теорией подобия и анализом размерностей	12	2	2			6
2	**Раздел 2. Основы гидродинамического подобия**	48	8	8			32
2.1	Тема 2.1. Условия гидродинамического подобия	12	2	2			8
2.2	Тема 2.2. Виды подобия: геометрическое, кинематическое, динамическое	12	2	2			8
2.3	Тема 2.3. Константы подобия, инварианты подобия и критерии подобия	12	2	2			8
2.4	Тема 2.4. Теоремы подобия: 1-я теорема подобия (теорема Ньютона) 2-я теорема подобия (теорема Бэкингема – Афанасьевой –Эренфест) 3-я теорема подобия (теорема Кирпичева – Гухмана)	12	2	2			8
3	**Раздел 3. Подобие и моделирование тепломассобменных процессов**	24	2	2			20

3.1	Тема 3.1. Приведение математической формулировки краевой задачи к записи в безразмерных переменных	24	2	2			20
Итого		108	16	16			76

3.3 Содержание дисциплины

Раздел 1. Анализ размерностей

Тема 1. Понятие размерностей. Первичные и вторичные размерности в различных системах измерений. Эталоны единиц измерений.

Тема 2. Общие закономерности формирования критериев подобия на основе анализа размерностей. Методы формирования критериев подобия, разработанные Бертраном, Релеем и Федерманом. Парадокс Рябушинского. Разъяснение Т.А. Афанасьевой-Эренфест.

Тема 3. Соотношение между теорией подобия и анализом размерностей.

Раздел 2. Основы гидродинамического подобия.

Тема 1. Условия гидродинамического подобия при физическом моделировании.

Определяющие числа подобия - критерии подобия, безразмерные комплексы и симплексы. Условия однозначности. Начальные и граничные условия как основа для формирования критериев подобия.

Тема 2. Виды подобия: геометрическое, кинематическое, динамическое.

Метод физического моделирования. Понятия модели и натуры. Определение параметров моделирования на основе условий подобия. Полное и приближенное подобие. Учет степени влияния критериев подобия на результаты моделирования.

Тема 3. Константы подобия, инварианты подобия и критерии подобия.

Способы формирования критериев подобия на основе интегральных уравнений связи между величинами, характеризующими изучаемое явление. Типовые процессы в агрегатах, узлах и системах холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения. Критерии подобия этих процессов. Определение условия полного и приближенного подобия гидро- и газодинамических процессов для физического моделирования процессов в агрегатах, узлах и системах холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения. Пересчет результатов моделирования на натурные условия.

Тема 4. Теоремы подобия:

1-я теорема подобия (теорема Ньютона)

2-я теорема подобия (теорема Бэкингема – Афанасьевой –Эренфест)

3-я теорема подобия (теорема Кирпичева – Гухмана)

Способы формирования критериев подобия на основе дифференциальных уравнений связи между величинами, характеризующими изучаемое явление.

Раздел 3. Подобие и моделирование тепломассобменных процессов

Тема 1. Приведение математической формулировки краевой задачи к записи в безразмерных переменных. Типовые тепло- и массообменные процессы в агрегатах, узлах и системах холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения. Критерии подобия этих процессов. Определение условия полного и приближенного подобия тепло- и массообменных процессов для физического моделирования процессов в агрегатах, узлах и системах холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения. Пересчет результатов моделирования на натурные условия.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1. Семинарские/практические занятия

1. Подобные явления в природе.
2. Анализ размерностей. Понятие размерностей. Первичные и вторичные размерности в различных системах измерений. Эталоны единиц измерений.
3. Общие закономерности формирования критериев подобия на основе анализа размерностей.
4. Формирование критериев подобия на основе уравнений гидродинамики и теплообмена.
5. Необходимые и достаточные условия подобия.
6. Теория подобия как основа для экспериментальных исследований.
7. Физическое моделирование гидро- и газодинамических процессов.
8. Физическое моделирование тепло- и массообменных процессов.
9. Представление результатов экспериментальных исследований в форме критериальных соотношений.

3.4.2. Лабораторные занятия

Нет

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Нет

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ 8.417-2002 Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин

4.2 Основная литература

1. Афанасьев, Ю. О. Теория подобия : учебное пособие / Ю. О. Афанасьев, Н. В. Тиунова. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2011. — 64 с. — ISBN 978-5-89070-810-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/6639 (дата обращения: 22.08.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Крамаренко, Н. В. Методы подобия в механике. Анализ размерностей : учебное пособие / Н. В. Крамаренко. — Новосибирск : НГТУ, 2020. — 212 с. — ISBN 978-5-7782-4087-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/152131 (дата обращения: 22.08.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4.3 Дополнительная литература

нет

4.4 Электронные образовательные ресурсы

1. Методы подобия физических процессов
https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=3702

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

нет

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

нет

Ссылки на ресурсы должны содержать актуальный электронный адрес и быть доступными для перехода с любого компьютера.

5. Материально-техническое обеспечение

Лекционные и практические занятия и лабораторные работы проводятся в специализированных аудиториях кафедры Ав2214 и Ав2103, оснащенных соответствующим испытательным стендовым оборудованием, плакатами, натурными образцами узлов, деталей машин.

При кафедре работает консультационно-вычислительный класс Ав2209 для самостоятельной работы, оснащенный компьютерами с соответствующим расчетным и графическим программным обеспечением.

6. Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Основным требованием к преподаванию дисциплины является творческий, проблемно-диалоговый подход, позволяющий повысить интерес студентов к содержанию учебного материала.

Основная форма изучения и закрепления знаний по этой дисциплине – лекционная, лабораторная и практическая. Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Основу учебных занятий по дисциплине составляют лекции. В процессе обучения студентов используются различные виды учебных занятий (аудиторных и внеаудиторных):

лекции, семинарские занятия, лабораторные работы консультации и т.д. На первом занятии по данной учебной дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения, раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

Во вступительной части лекции обосновать место и роль изучаемой темы в учебной дисциплине, раскрыть ее практическое значение. Если читается не первая лекция, то необходимо увязать ее тему с предыдущей, не нарушая логики изложения учебного материала. Лекцию следует начинать, только чётко обозначив её характер, тему и круг тех вопросов, которые в её ходе будут рассмотрены.

В основной части лекции следует раскрыть содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя категорийный аппарат.

В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного семинарского или лабораторного занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к семинару или лабораторной работе. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на семинаре с докладами и рефератами по актуальным вопросам обсуждаемой темы.

Цель практических и лабораторных занятий - обеспечить контроль усвоения учебного материала студентами, расширение и углубление знаний, полученных ими на лекциях и в ходе самостоятельной работы. Повышение эффективности практических занятий достигается посредством создания творческой обстановки, располагающей студентов к высказыванию собственных взглядов и суждений по обсуждаемым вопросам, желанию у студентов поработать у доски при решении задач.

После каждого лекционного, лабораторного и практического занятия сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий студентами, выяснить у старост учебных групп причины отсутствия студентов на занятиях. Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов по вопросам, возникающим у студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине, рекомендовать в помощь учебные и другие материалы, а также справочную литературу.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Самостоятельная работа является одним из видов получения образования обучающимися и направлена на:

- изучение теоретического материала, подготовка к лекционным, семинарским (практическим) занятиям
- подготовка к тестированию с использованием общеобразовательного портала.

Самостоятельная работа студентов представляет собой важнейшее звено учебного процесса, без правильной организации которого обучающийся не может быть высококвалифицированным выпускником.

Студент должен помнить, что начинать самостоятельные занятия следует с первого семестра и проводить их регулярно. Очень важно приложить максимум усилий, воли, чтобы заставить себя работать с полной нагрузкой с первого дня.

Каждый студент должен сам планировать свою самостоятельную работу, исходя из своих возможностей и приоритетов. Это стимулирует выполнение работы, создает более спокойную обстановку, что в итоге положительно сказывается на усвоении материала.

Важно полнее учесть обстоятельства своей работы, уяснить, что является главным на данном этапе, какую последовательность работы выбрать, чтобы выполнить ее лучше и с наименьшими затратами времени и энергии.

Для плодотворной работы немаловажное значение имеет обстановка, организация рабочего места. Нужно добиться, чтобы место работы по возможности было постоянным. Работа на привычном месте делает ее более плодотворной. Продуктивность работы зависит от правильного чередования труда и отдыха. Поэтому каждые час или два следует делать перерыв на 10-15 минут. Выходные дни лучше посвятить активному отдыху, занятиям спортом, прогулками на свежем воздухе и т.д. Даже переключение с одного вида умственной работы на другой может служить активным отдыхом.

Студент должен помнить, что в процессе обучения важнейшую роль играет самостоятельная работа с книгой. Научиться работать с книгой – важнейшая задача студента. Без этого навыка будет чрезвычайно трудно изучать программный материал, и много времени будет потрачено нерационально. Работа с книгой складывается из умения подобрать необходимые книги, разобраться в них, законспектировать, выбрать главное, усвоить и применить на практике.

7. Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

До даты проведения промежуточной аттестации студент должен выполнить все работы, предусмотренные настоящей рабочей программой дисциплины.

Перечень обязательных работ, выполняемых в течение семестра

- Устный опрос, собеседование
- Кейс-задачи
- Тестирование

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Результаты обучения оцениваются по балльной шкале, баллы начисляются студенту по результатам выполнения обязательных работ.

Оценка	Количество баллов
отлично	от 81 до 100
хорошо	от 61 до 80
удовлетворительно	от 41 до 60
неудовлетворительно	40 и менее

7.3 Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

Темы для устных опросов

1. История возникновения и развития теории подобия и анализа размерностей.
2. Понятие подобных величин и процессов.
3. Понятие размерностей.
4. Первичные и вторичные размерности в различных системах измерений.
5. Эталоны единиц измерений.
6. Подобные явления в природе.
7. Понятия геометрического, кинематического и динамического подобия.
8. П-теорема (теорема Бэкингема).
9. Общие закономерности формирования критериев подобия на основе анализа размерностей.
10. Инварианты подобия и константы подобия.
11. Первая теорема теории подобия.
12. Вторая теорема теории подобия.
13. Третья теорема теории подобия.
14. Необходимые и достаточные условия подобия.
15. Числа подобия, критерии подобия, безразмерные комплексы и симплексы.

Пример тестового задания

1. Под моделью в физических исследованиях понимают...

~объект, свойства которого требуется исследовать экспериментально

~прибор, с помощью которого производят измерения

=систему уравнений, дающую полное описание закономерностей некоторого класса явлений или объектов

~объект, подобный другому объекту, свойства которого требуется исследовать экспериментально

2. Под моделированием в физических исследованиях понимают:

~экспериментальное исследование свойств интересующего объекта

~изготовление (создание) модели

=экспериментальное исследование свойств объекта с использованием другого подобного объекта

~всякую осознанную деятельность человека (деятельность по плану)

3. Компьютерные модели можно использовать, для:

~развития навыков экспериментальных исследований

~привлечения внимания к использованию ЦОР

=демонстрации фундаментальных законов природы

~наглядной иллюстрации ранее изученных закономерностей

Кейс-задачи

Задание (я):

Выбрать модельные вещества, масштаб модели и определить значения модельных режимных параметров при физическом моделировании следующих процессов:

2.1. Движение воздуха по воздуховоду.

2.2. Кипение жидкого кислорода на плоской поверхности при установившейся плотности удельного теплового потока q.

2.3. Опорожнение емкости с жидким водородом и определение остатков жидкости в емкости в момент подхода уровня жидкости к заданной высоте в условиях, когда интенсивность поля массовых сил составляет 0,01g, где g=9,8 м/с2.

2.4. Движение жидкого пропана по трубопроводу при наличии местного сопротивления.

2.5. Нагрев за счет теплопритока из окружающей среды сжиженного природного газа в цистерне при транспортировке.

2.6. Конденсация аммиака на наружной поверхности трубы с теплоносителем.

2.7. Кипение изобутана на плоской подогреваемой поверхности.

2.8. Температурное расслоение жидкого азота в теплоизолированной емкости при хранении.

2.9. Охлаждение воздуха на плоской пластине с температурой Тпл< Твозд в замкнутом объеме за счет естественной конвекции.

2.10. Охлаждение воздуха в замкнутом объеме принудительным обдувом с заданным расходом плоской пластины с температурой Тпл< Твозд.

2.11. Опорожнение цистерны с жидким природным газом.

2.12. Колебания жидкого природного газа в железнодорожной цистерне при транспортировке.

7.3.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачета проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по

дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

Примерные вопросы к зачету

Вопросы для проверки уровня обученности ЗНАТЬ:

1. История возникновения и развития теории подобия и анализа размерностей.
2. Понятие подобных величин и процессов.
3. Понятие размерностей.
4. Первичные и вторичные размерности в различных системах измерений.
5. Эталоны единиц измерений.
6. Подобные явления в природе.
7. Понятия геометрического, кинематического и динамического подобия.
8. П-теорема (теорема Букингема).
9. Общие закономерности формирования критериев подобия на основе анализа размерностей.
10. Инварианты подобия и константы подобия.
11. Первая теорема теории подобия.
12. Вторая теорема теории подобия.
13. Третья теорема теории подобия.
14. Необходимые и достаточные условия подобия.
15. Числа подобия, критерии подобия, безразмерные комплексы и симплексы.

Вопросы (задачи/задания) для проверки уровня обученности УМЕТЬ:

1. Формирование критериев подобия на основе интегральных уравнений связи между величинами, характеризующими изучаемое явление.
2. Примеры критериев подобия, получаемых на основе интегральных уравнений связи.
3. Формирование критериев подобия на основе дифференциальных уравнений связи между величинами, характеризующими изучаемое явление.
4. Примеры критериев подобия, получаемых на основе дифференциальных уравнений.
5. Формирование критериев подобия на основе анализа размерностей.
6. Примеры критериев подобия, получаемых на основе анализа размерностей.
7. Различие между числами подобия и критериями подобия.

Вопросы (задачи/задания) для проверки уровня обученности ВЛАДЕТЬ:

1. Теория подобия как основа для экспериментальных исследований.
2. Метод физического моделирования.
3. Критерии подобия для физического моделирования гидро- и газодинамических процессов.
4. Критерии подобия для физического моделирования тепло- и массообменных процессов.
5. Пересчет результатов физического моделирования на натурные условия.
6. Представление результатов экспериментальных исследований в обобщенном (критериальном) виде

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Методы подобия физических процессов».

Шкала оценивания	**Описание**
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.
Удовлетвори-тельно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.
Неудовлетвори-тельно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Не зачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.