

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
ПРИЕМ 2019 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Математическое моделирование в задачах нефтегазовой отрасли. Методы математической физики

Направление подготовки/ специальность	21.04.01 Нефтегазовое дело		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Надежность и безопасность объектов транспорта и хранения углеводородов		
Специализация	Надежность и безопасность объектов транспорта и хранения углеводородов		
Уровень образования	высшее образование – магистратура		
Курс	1	семестр	1
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3		

И.о. заведующего кафедрой - руководитель отделения нефтегазового дела на правах кафедры		И.А. Мельник
Руководитель ООП		А.В. Шадрина
Преподаватель		С.Н. Харламов

2020 г.

1. Роль дисциплины «Математическое моделирование в задачах нефтегазовой отрасли. Методы математической физики» в формировании компетенций выпускника:

Математическое моделирование в задачах нефтегазовой отрасли. Методы математической физики	1	УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	И.УК(У)-4.3	Представляет результаты академической и профессиональной деятельности на различных научных мероприятиях, включая международные	УК(У)-4.333	Знает правила и закономерности личной и деловой устной и письменной коммуникации
						УК(У)-4.3У3	Умеет логически верно, аргументировано и ясно строить устную речь, в том числе на иностранном языке
						УК(У)-4.3В3	Владеет опытом представления результатов академической и профессиональной деятельности
		ОПК(У)-1	Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи на основе фундаментальных знаний в нефтегазовой области	И.ОПК(У)-1.1	Демонстрирует навыки физического и программного моделирования отдельных фрагментов процесса выбора оптимального варианта для конкретных условий	ОПК(У)-1.131	Знает методы и средства формализации данных, собственно моделирования, постановки различных задач и решения их на модели, а также интерпретации результатов моделирования
						ОПК(У)-1.1У1	Умеет применять средства физического и программного моделирования отдельных фрагментов процесса выбора оптимального варианта для конкретных условий
						ОПК(У)-1.1В1	Владеет навыками решения задач в своей предметной области на основе физического и программного моделирования
				И.ОПК(У)-1.2	Использует фундаментальные знания профессиональной деятельности для решения конкретных задач нефтегазового производства	ОПК(У)-1.232	Знает основные профессиональные программные комплексы в области математического моделирования технологических процессов и объектов трубопроводного транспорта углеводородов
						ОПК(У)-1.2У2	Умеет применять математические, естественнонаучные и общинженерные знания в профессиональной деятельности
						ОПК(У)-1.2В2	Владеет опытом разработки физических, математических и компьютерных моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к трубопроводному транспорту углеводородов

2. Показатели и методы оценивания

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Код индикатора достижения	Наименование раздела дисциплины	Методы оценивания (оценочные мероприятия)
Код	Наименование			

		контролируемой компетенции (или ее части)		
РД-1	Представлять результаты математического моделирования процессов переноса тепла, массы и импульса при течении реологически сложных гомогенных и гетерогенных сред в устройствах и элементах аппаратов нефтегазовой отрасли с целью уяснения и прогноза оптимальных и эффективных режимов их функционирования в выступлениях на международных научных конференциях и симпозиумах (ТПУ, Проблемы геологии и освоения недр), заключениях и рекомендациях в практику прикладных исследований процессов в форме доклада, сообщения, экспертного заключения по направлению гидро-, газо-, термо-, массо-, электро- и магнитодинамики и тепломассопереноса, а также резюмирует основные результаты исследования докладом.	И.УК(У)-4.3	Раздел (модуль) 2. Методы математического моделирования процессов транспорта природного сырья. Способы дискретизация определяющих уравнений математических моделей и краевых условий Раздел (модуль) 3 Методы математического моделирования сопротивления, теплообмена и напряженно-деформируемого состояния трубопроводов и процессов их аварийного разрушения Раздел (модуль) 4 Математические методы и модели гидрогазодинамики, теплообмена в технологиях снижения затрат на транспорт газов и жидкостей. Дифференциальные модели процессов переноса импульса, тепла и массы. Раздел (модуль) 5 Анализ причин и механизмов моделирования воспламенения и горения метано-пропано-водородо-воздушной смеси	1. <i>Опрос</i> при подготовке и сдаче индивидуальных заданий на практических занятиях 2. <i>Результаты</i> выполнения лабораторных работ, <i>критические заключения и рекомендации</i> студентов по их обобщению в практику прикладных исследований рассматриваемых проблем 3. <i>Экспресс – опрос</i> фундаментальных положений проблемы, уточнений ключевой терминологии по признаку, наиболее характерному, для определяемого понятия в отечественных и зарубежных исследованиях задач НГО методами математической физики 4. Контрольная работа 5. Системная подготовка к выполнению, защите курсового проекта, имеющего цель – внедрение <i>современных</i> знаний в практику решения проблемы мат. моделирования методами мат. физики задач НГО 6. Получение опыта в персональном участии в оппонировании результатов курсового проекта, представляемого к защите другим студентом группы 7. Подготовка публикации по теме курсового проекта, презентация авторского исследования и его защита на семинаре МНОЛ “Нефтегазовая гидродинамика и тепломассообмен” 8. Выступление с докладом на специализированном семинаре и заседаниях секции “Математическое моделирование процессов транспорта УВ сред” на международном симпозиуме (“Проблемы геологии и освоения недр” при НИ ТПУ)
РД-2	Знать и применять основы методов: 1) механики гомогенных и гетерогенных сплошных сред; 2) турбулентности, сопротивления и тепломассопереноса; 3) аналитических и численных теорий математической физики и дифференциальных уравнений для: - решения задач транспорта УВ сред в нефте-газонасыщенных бассейнах; - очистки смесей; - прогноза динамики флюидных	И.ОПК(У)-1.1	Раздел (модуль) 1. Математические модели реальных явлений. Принципы построения физических и математических моделей Раздел (модуль) 3. Методы математического моделирования сопротивления,	1. Презентация. 2. Опрос. 3. Защита практической работы. 4. Тестирование. 5. Контрольная работа. 6. Защита лабораторной работы

	гидротермальных систем в процессах разработки и эксплуатации нефтяных скважин и месторождений.		теплообмена и напряженно-деформируемого состояния трубопроводов и процессов их аварийного разрушения Раздел (модуль) 4 Математические методы и модели гидрогазодинамики, теплообмена в технологиях снижения затрат на транспорт газов и жидкостей. Дифференциальные модели процессов переноса импульса, тепла и массы Раздел (модуль) 5	
РД-3	Применяет прикладные методики: 1) исследования режимов работы оборудования нефтегазовой отрасли, включающих сведения о современных подходах и методах описания гидродинамики и тепломассопереноса; 2) прогноза эндогенных процессов в задачах геодинамики, накопления и образования природного сырья в коллекторах на больших глубинах.	И.ОПК(У)-1.2	Раздел (модуль) 2 Методы математического моделирования сопротивления, теплообмена и напряженно-деформируемого состояния трубопроводов и процессов их аварийного разрушения Раздел (модуль) 4 Математические методы и модели гидрогазодинамики, теплообмена в технологиях снижения затрат на транспорт газов и жидкостей. Дифференциальные модели процессов переноса импульса, тепла и массы Раздел (модуль) 5 Анализ причин и механизмов моделирования воспламенения и горения метано-пропано-водородо-воздушной смеси	1. Экспресс – опрос знаний фундаментальных определений положений проблемы 2. Контрольная работа 3. Подготовка <i>публикации и доклада</i> на конференцию 4. Защита КП
РД-4	В рамках курсового проекта: 1) знает проблемы, перспективы и недостатки современных теорий математического моделирования явлений переноса в задачах НГО и ; 2) владеет сведениями о постановках и методах решений задач математической физики по направлению –нефтегазовая гидродинамика и тепломассоперенос; 3) применяет методы аналитического и	И.ОПК(У)-1.1 И.ОПК(У)-1.2 И.УК(У)-4.3	Раздел (модуль) 1 Математические модели реальных явлений. Принципы построения физических и математических моделей Раздел (модуль) 2 Методы математического моделирования сопротивления,	1. Экспресс – опрос знаний фундаментальных определений положений проблемы 2. Контрольная работа 3. Подготовка публикации и доклада на конференцию 4. Защита Курсового проекта

	численного исследования для решения проблем моделирования		теплообмена и напряженно-деформируемого состояния трубопроводов и процессов их аварийного разрушения Раздел (модуль) 3 Методы математического моделирования сопротивления, теплообмена и напряженно-деформируемого состояния трубопроводов и процессов их аварийного разрушения Раздел (модуль) 4 Математические методы и модели гидрогазодинамики, теплообмена в технологиях снижения затрат на транспорт газов и жидкостей. Дифференциальные модели процессов переноса импульса, тепла и массы Раздел (модуль) 6 Подготовка курсового проекта	
--	---	--	--	--

3. Шкала оценивания

Порядок организации оценивания результатов обучения в университете регламентируется отдельным локальным нормативным актом – «Система оценивания результатов обучения в Томском политехническом университете (Система оценивания)» (в действующей редакции). Используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов обучения. Итоговая оценка (традиционная и литерная) по видам учебной деятельности (изучение дисциплин, УИРС, НИРС, курсовое проектирование, практики) определяется суммой баллов по результатам текущего контроля и промежуточной аттестации (итоговая рейтинговая оценка - максимум 100 баллов).

Распределение основных и дополнительных баллов за оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации устанавливается календарным рейтинг-планом дисциплины.

Рекомендуемая шкала для отдельных оценочных мероприятий входного и текущего контроля

% выполнения задания	Соответствие традиционной оценке	Определение оценки
90%÷100%	«Отлично»	Отличное понимание предмета, всесторонние знания, отличные умения и владение опытом практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, их качество оценено количеством баллов, близким к максимальному

70% - 89%	«Хорошо»	Достаточно полное понимание предмета, хорошие знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество ни одного из них не оценено минимальным количеством баллов
55% - 69%	«Удовл.»	Приемлемое понимание предмета, удовлетворительные знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество некоторых из них оценено минимальным количеством баллов
0% - 54%	«Неудовл.»	Результаты обучения не соответствуют минимально достаточным требованиям

Шкала для оценочных мероприятий экзамена

% выполнения заданий экзамена	Экзамен, балл	Соответствие традиционной оценке	Определение оценки
90%÷100%	18 ÷ 20	«Отлично»	Отличное понимание предмета, всесторонние знания, отличные умения и владение опытом практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, их качество оценено количеством баллов, близким к максимальному
70% - 89%	14 ÷ 17	«Хорошо»	Достаточно полное понимание предмета, хорошие знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество ни одного из них не оценено минимальным количеством баллов
55% - 69%	11 ÷ 13	«Удовл.»	Приемлемое понимание предмета, удовлетворительные знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество некоторых из них оценено минимальным количеством баллов
0% - 54%	0 ÷ 10	«Неудовл.»	Результаты обучения не соответствуют минимально достаточным требованиям

4. Перечень типовых заданий

Оценочные мероприятия		Примеры типовых контрольных заданий
<i>Раздел (модуль) 1. Математические модели реальных явлений. Принципы построения физических и математических моделей.</i> Раздел (модуль) 2. Методы математического моделирования процессов в задачах НГО (транспорта, хранения, добычи сырья, очистки бурового оборудования, разработки и эксплуатации месторождений). Дискретизация определяющих уравнений математических моделей и краевых условий		
1.	Экспресс- опрос	1. Понятие о постановке задач математической физики (начальные, начально-краевые, краевые задачи). 2. Понятие о Задаче Коши (начальная задача) для уравнения теплопроводности, волнового уравнения. 3. Понятие о внутренних задачах (первая краевая задача Дирихле) для уравнения Лапласа (Пуассона). 4. Понятие о внутренней задаче Неймана (третья краевая задача) для уравнения Лапласа (Пуассона). 5. Понятие о корректно поставленных задачах математической физики. 6. Представление о некорректно поставленной задаче Коши (пример Адамара) . 7. Представление о методах решения линейных начально-краевых задач (редукции, Фурье, Дюамеля). 8. Общие представления о специальных функциях (Гамма-, Бесселя первого рода, Неймана, Ханкеля, Грина) в решении уравнений математической физики для задач НГО, их назначение в решении задач для уравнений Лапласа, тепло-, массо- и пьезопроводности, колебаний. 9. Понятие о моделях течений вязкой жидкости и газа (ньютоновская, неньютоновская, сжимаемая, несжимаемая). 10. Понятие о законах состояния сплошных сред. 11. Понятие о тепломассообмене и его механизмах переноса (вязкостном, конвективном, кондуктивном, сложном и сопряженном). 12. Понятие о внешней и внутренней задачах гидро-, газо-, магнито-, электродинамики. 13. Понятие о подобии процессов переноса, определяющих и определяемых критериях и числах подобия решения

Оценочные мероприятия		Примеры типовых контрольных заданий			
Раздел (модуль) 1. Математические модели реальных явлений. Принципы построения физических и математических моделей.					
Раздел (модуль) 2. Методы математического моделирования процессов в задачах НГО (транспорта, хранения, добычи сырья, очистки бурового оборудования, разработки и эксплуатации месторождений). Дискретизация определяющих уравнений математических моделей и краевых условий					
		задач НГО. 14. Физический смысл операторов и производных: div, DIV, rot, ROT, grad, GRAD, D/Dt, Δ , $\partial/\partial t$. 15. О сути моделей исследований течений: типа пограничного слоя, параболизированных уравнений мат. физики, “узкого канала” в решении задач НГО.			
2.	Опрос - собеседование при сдаче индивидуальных заданий	1. Понятие о точных решениях уравнений динамики вязкой жидкости (ламинарное стационарное течение во внутренних системах, вызываемое продольным градиентом давления, в поле гравитационных сил). 2. Решения задач НГО о течениях с осевой симметрией, между вращающимися цилиндрами, с подвижной стенкой. 3. Решение Хоуарта (нелинейное автомодельное решение) о растекании жидкости вблизи твердой поверхности. 4. Обоснованность решений редуцированных уравнений динамики вязкой среды (линейная задача о течениях с малыми числами Рейнольдса). 5. Понятие о приближении Озеена (при решении задач обтекания тела), Буссинеска (естественная конвекция), Рейнольдса (сдвиговые потоки). 6. Основные понятия численных методов: конечных разностей, прогонки, Ньютона-Рафсона, контрольного объема 7. Явные и неявные схемы.			
3.	Тестирование	п/п	Вопрос	№	Вариант ответа
		1	Представления о механизмах переноса скалярной субстанции (тепла, массы) в общем дифференциальном уравнении второго порядка (Н.А. Умова) для законов сохранения (массы в смеси и ее индивидуальной компоненте), а также о физическом смысле входящих в них операторов d/dt , $\partial/\partial t$, div, grad?	1	Нестационарные процессы описывают слагаемые, включающие d/dt , $\partial/\partial t$
				2	Пространственные конвективно-диффузионные эффекты-div, grad
				3	Скорость изменения массы индивидуальной компоненты за счет процессов химической природы
		2	Представление об условиях однозначности при формулировке дифференциальных задач математической физики о процессах переноса?	1	Включают начальные и граничные условия, если искомые функции зависят от времени и точек пространства.
				2	Включают данные об изменениях теплофизических свойств
		3	Что характеризуют модели сплошных сред (изотропные и анизотропные, однородные и неоднородные, однофазные и многофазные)?	1	Среда включает разрывы
				2	Учитывает изменения свойств по направлениям
				3	Свойства одинаковы при одинаковых значениях температуры и давления
		4	Понятие о типе дифференциальных уравнений 2- го порядка (с точки зрения физического смысла, характеризующего изменение поля скорости в вихревом рециркуляционном течении), в чем физический смысл описываемых процессов?	1	Эллиптический
				2	параболический
				3	гиперболический
		5	Какие из указанных методов решения дифференциальных уравнений математической физики сводит дифференциальную задачу к конечно-разностной?	1	Фурье
				2	Прогонки
				3	аналитический или численный

Оценочные мероприятия		Примеры типовых контрольных заданий
<i>Раздел (модуль) 1. Математические модели реальных явлений. Принципы построения физических и математических моделей.</i> Раздел (модуль) 2. Методы математического моделирования процессов в задачах НГО (транспорта, хранения, добычи сырья, очистки бурового оборудования, разработки и эксплуатации месторождений). Дискретизация определяющих уравнений математических моделей и краевых условий		
4.	Презентация (выполняется как индивидуально, так и в парах)	Темы презентаций: 1. Влияние магнитного поля на гидродинамику и тепломассоперенос при течении смесей в трубах. 2. Современное состояние проблем и методов акустического воздействия на процессы добычи и транспорта нефти. 3. Расчет плотности для газовой и нефтяной фаз в двухфазном потоке в горизонтальных трубах. 4. Проблемы исследований ламинаризирующихся течений с полимерными добавками при управлении транспортировкой углеводородного сырья по трубопроводам. 5. Современные тенденции, проблемы и успехи в исследовании технологических процессов, сопровождающих очистку скважин от буровых шламов. 6. Детали моделирования реологически сложных вязких сред в областях с криволинейной поверхностью скважин.
5.	Семинар	1. Рассматривая контрольный объем, вывести уравнение неразрывности для трехмерного неустановившегося течения и показать, что при интенсивном теплообмене с ограничивающими область течения телами в режимах с числами Маха ($M_0 \ll 1$) уравнение неразрывности ($\frac{D\rho}{Dt} + \rho \operatorname{div} \vec{u} = 0$) может быть представлено в виде обобщенного условия несжимаемости: $\operatorname{div} \vec{u}_1 = 0, \operatorname{grad} \vec{u}_1 = \vec{u} - \frac{\lambda}{Pe} \operatorname{grad} T$ 2. Решение уравнения Лапласа с различными граничными условиями методом разделения переменных Фурье. 3. Решение неоднородного уравнения гиперболического или параболического типа. 4. Сопоставить закон вязкого трения Ньютона с законом упругости Гука, произвести расчет теплофизических свойств разреженной газообразной многокомпонентной УВ смеси по полуэмпирической формуле Уилки (статистический метод) и сравнить результат со соответствующими связями феноменологического метода. 5. В чем состоит закон Хагена-Пуазейля? В каких условиях этот закон реализуется? 6. Ближе к какой из стенок кольцевого канала (бурильная колонна), внутренней или внешней, расположена поверхность нулевого потока количества движения? 7. Какой физический смысл имеют 4 граничные условия, которые определяют решение Пуазейля об изменении поля скорости в трубопроводе (скважине) при ламинарном течении? 8. Какова область применимости закона сопротивления Стокса? 9. В чем взаимосвязь формул для течения УВ сред в тонких щелях и в кольцевом канале? 10. Неньютоновское течение в трубах (вывести аналог уравнения Хагена-Пуазейля, применяя реологическую модель Оствальда-Вейля (степенной закон)).
6.	Коллоквиум	1. Отыскание ненулевого решения краевой задачи (задача Штурма-Лиувилля). Свойства собственных значений и собственных функций этой задачи. 2. Уравнение колебаний струны. Решение уравнения свободных колебаний при условии 3. жёсткого закрепления концов. Стоячие волны. 4. Типы граничных условий для уравнения переноса (колебаний) и их физическое истолкование. 5. Решение неоднородных уравнений с однородными граничными условиями. 6. Алгоритм решения задач с неоднородными граничными условиями.

Оценочные мероприятия		Примеры типовых контрольных заданий
<i>Раздел (модуль) 1. Математические модели реальных явлений. Принципы построения физических и математических моделей.</i> Раздел (модуль) 2. Методы математического моделирования процессов в задачах НГО (транспорта, хранения, добычи сырья, очистки бурового оборудования, разработки и эксплуатации месторождений). Дискретизация определяющих уравнений математических моделей и краевых условий		
		7. Уравнение теплопроводности (принцип формулировки). Виды граничных условий для уравнения теплопроводности. Алгоритм решения уравнения теплопроводности твердого тела с однородными граничными условиями. 8. Стационарное распределение тепла. Решение уравнения Лапласа в круге. 9. Классификация граничных условий для уравнений Лапласа и Пуассона. 10. Уравнения второго порядка в частных производных. Характеристики. Теорема о характеристиках. 11. Классификация уравнений второго порядка в частных производных. Приведение к каноническому виду. 12. Основные уравнения процессов переноса [неразрывности, количества движения (в напряжениях и естественных переменных, тип - Навье-Стокса, Эйлера), энергии (полной, внутренней, механической формы, тип - Фурье-Остроградского, Фурье-Кирхгофа), состояния (калорическая, термическая формы) 13. Понятие о диссипативной функции Рэлея (физический смысл), температуре торможения. 14. Уравнение баланса энтропии (физический смысл механизмов переноса) 15. Поток и источник энтропии и исследовании гомогенных неизоэнтальпических химически реагирующих смесей 16. Поток обобщенного заряда. Уравнение переноса скалярной субстанции (Н.А. Умова) 17. Аксиоматические связи в термодинамике необратимых процессов (уравнение Онзагера). 18. Законы переноса и излучения (изотропная и анизотропная среда: Фурье, Фика, Соре, Дюфо, Планка, Рэлея-Джинса, Стефана-Больцмана). 19. Подобие физических явлений. Параметры подобия тепловой, динамической и диффузионной задач. 20. Электродинамические явления в жидкостях (понятие об уравнениях Максвелла). 21. Ламинарные и турбулентные течения (законы - Пуазейля, Прандтля-Кармана, Стокса, Блазиуса, Никурадзе, Альтшуля). 22. Уравнения переноса локальных свойств турбулентных вихрей (двухпараметрические модели). 23. Условия однозначности задач НГО (ГД, ТМО). 24. Решения Блазиуса, Польгаузена (несжимаемое вязкое обтекание тонкой плоской стенки и теплообмен).
7.	Реферат	Темы рефератов: 1. Исследование комплексных виброакустических и гидродинамических процессов в прямолинейном и неоднородном трубопроводе в условиях его сильного возбуждения пульсациями течения вязкой жидкости. 2. Исследование гидродинамики и тепломассообмена в условиях установившихся режимов течения нефтепродуктов в трубопроводах. 3. Моделирование условий гидродинамической устойчивости (неустойчивости) течения вследствие структурной неустойчивости газожидкостных смесей в горизонтальных и вертикальных трубопроводах. 4. Гидродинамика и теплообмен при течении высоковязких углеводородных сред в трубопроводах с переменной по длине площадью поперечного сечения в условиях пуска/останова энергетического оборудования. 5. Исследование механизмов массопереноса, сепарации и фильтрации в дисперсных водонефтяных потоках в полях массовых инерционных и электромагнитных сил. 6. Комплексное моделирование и исследование реологических свойств многофазной жидкотекучей среды в замкнутых системах. 7. Закономерности гидродинамики при управлении течением двухфазных углеводородных сред в трубопроводах.

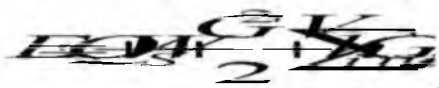
Оценочные мероприятия		Примеры типовых контрольных заданий
<i>Раздел (модуль) 1. Математические модели реальных явлений. Принципы построения физических и математических моделей.</i> Раздел (модуль) 2. Методы математического моделирования процессов в задачах НГО (транспорта, хранения, добычи сырья, очистки бурового оборудования, разработки и эксплуатации месторождений). Дискретизация определяющих уравнений математических моделей и краевых условий		
8.	Контрольная работа	1. Тепло-, гидро-, газодинамические локальные и интегральные характеристики процессов переноса импульса и тепла при трубопроводном транспорте нефти, нефтепродуктов и газа в условиях развитого и развивающегося течений, представляющие решение задач НГО по уравнениям математической физики, теорий сопротивления и теплопередачи. 2. Уравнение теплопроводности. Метод Фурье при решении однородного уравнения теплопроводности. Приложение к нефтепромысловым и транспортным задачам. 3. Неоднородные уравнения теплопроводности / волновое и их приложение к задачам нефтепромысловой и транспортной механики. 4. Метод разделения переменных для уравнения Лапласа в различных постановках задач (Дирихле, Неймана). 5. Понятие об операторном методе решения линейных задач. Преобразование Лапласа. Простейшие свойства преобразования Лапласа.
9.	Защита лабораторной работы	1. Определение коэффициента сопротивления прямого гладкого трубопровода с целью определения зависимости коэффициента сопротивления трубопровода от числа Рейнольдса и сравнение с известными результатами, автомодельные решения задачи о течении вязкой несжимаемой жидкости, близкой по физическим свойствам к капельной УВ среде. 2. Исследование гидродинамики и локальных сопротивлений при течении жидкости по осесимметричному каналу целью — выяснения характера изменений сопротивления во входном участке трубопровода, секций с диафрагмами и отверстиями разного диаметра. Вопросы в лабораторным работам 1, 2: 1. (к лабораторной работе 1) - Какова оценка эффективности методики расчета динамических и тепловых локальных и интегральных параметров течения и теплообмена в условиях развивающихся течений с имеющимися опытными данными; 2. (к лабораторной работе 2) - Как проявляется влияния процесса изменения геометрии области течения (размеров высоты уступа), режима (скорости течения) на протяженность зон отрыва, присоединения потока, а также интенсивность процессов и структуру течения и теплообмена в ламинарном и турбулентном потоках в трубах и каналах. 3. (к лабораторной работам 1.2) - Представления об изменениях интегральных параметров течения и теплообмена в данных условиях и их критериальные связи для прогноза аварийных ситуаций в работе оборудования
10.	Защита курсового проекта	Тематика проектов: 1. Моделирование движения тяжёлого газа в приземном слое атмосферы. 2. Математическое моделирование нестационарных газожидкостных потоков: модель газопроявления при бурении скважин. 3. Моделирование процесса сепарации: повышение степени извлечения конденсирующихся УВ из нефтяного газа. 4. Процессы фильтрации жидкостей с применением современных технологий на основе свойств механической "стоячей волны".

Оценочные мероприятия		Примеры типовых контрольных заданий
<i>Раздел (модуль) 1. Математические модели реальных явлений. Принципы построения физических и математических моделей.</i> Раздел (модуль) 2. Методы математического моделирования процессов в задачах НГО (транспорта, хранения, добычи сырья, очистки бурового оборудования, разработки и эксплуатации месторождений). Дискретизация определяющих уравнений математических моделей и краевых условий		
		- Современное состояние проблем и методов акустического воздействия на процессы добычи и транспорта нефти. - Влияние электромагнитного поля на гидродинамику и тепломассоперенос при течении смесей в трубах. - Моделирование процессов притока флюида к горизонтальной скважине. - Закономерности гидродинамики и тепломассопереноса при исследовании задач в природе и технике. - Моделирование процесса фильтрации с учетом нелинейного закона фильтрации в низкопроницаемых коллекторах. - Применение теории подобия в исследованиях процесса сепарации фаз при газификации сжиженного природного газа. Вопросы к защите: - Представления о допущениях при математическом моделировании процессов переноса в объекте исследования. - Определяющие уравнения модели и физический смысл их слагаемых в описании процессов. - Постановка краевых условий задачи. - Замыкающие связи модели и их особенности в построении общего и частного решений. - Метод решений, его достоверность. - Степень достоверности результатов. - Аппроксимация производных дифференциальной задачи и детали численного решения. - Обобщение результатов в критериальные связи для прогноза процессов методом теории подобия. - Внедрение результатов в практику прикладных исследований задач НГО. - Перспективы и проблемы решений задач.
11.	Экзамен	Вопросы на экзамен: - Законы сохранения физических субстанций (массы). Дивергентная форма уравнения неразрывности. - Математические модели сплошных сред (идеальная жидкость). - Уравнения Рейнольдса для исследования сложных сдвиговых потоков в трубопроводах. - Понятие о динамическом пограничном слое. Уравнения Прандтля. Специальные методы расчета пристеночных течений вязких сред. - Краевые задачи с нелинейностью первого и второго рода к расчету диффузионных процессов в твердых телах. - Задача Штурма-Лиувилля (постановка задачи на собственные значения). - Разложение функций в ряд Фурье. - Уравнения эллиптического типа (Лапласа, Пуассона) в описании физических явлений. - Метод Фурье разделения переменных в решении задач математической физики. - Формула Грина-Остроградского в описании процессов переноса. - Методы дискретизации краевых задач математической физики. - Конечно-разностные аппроксимации дифференциальных уравнений. - Принцип максимума. - Конечно-разностные аппроксимации граничных условий.

Оценочные мероприятия		Примеры типовых контрольных заданий
Раздел (модуль) 1. Математические модели реальных явлений. Принципы построения физических и математических моделей. Раздел (модуль) 2. Методы математического моделирования процессов в задачах НГО (транспорта, хранения, добычи сырья, очистки бурового оборудования, разработки и эксплуатации месторождений). Дискретизация определяющих уравнений математических моделей и краевых условий		
		15. Устойчивость конечно-разностных схем. Метод фон Неймана. 16. Методы решения сеточных уравнений (итерационные методы Якоби и Гаусса-Зейделя). 17. Метод переменных направлений и нижней/верхней релаксации. 18. Явные и неявные схемы (уравнение теплопроводности). Метод Кранка-Николсона. 19. Метод прогонки. 20. Численные методы решений уравнений Навье-Стокса: алгоритм SIMPLE (by S. Patankar).

Оценочные мероприятия		Примеры типовых контрольных заданий
Раздел (модуль) 3. Методы математического моделирования сопротивления, теплообмена и напряженно-деформируемого состояния трубопроводов и процессов их аварийного разрушения Раздел (модуль) 4. Математические методы и модели гидрогазодинамики, теплообмена в технологиях снижения затрат на транспорт газов и жидкостей, повышения эффективности НГО. Дифференциальные модели процессов переноса импульса, тепла и массы		
1.	Экспресс- опрос	1. Понятие о принципе Онзагера. 2. Уравнения гидродинамики и тепломассопереноса (законы связи потока и сил). 3. Основное соотношение Онзагера. Дифференциальное уравнение переноса 4. Дифференциальные уравнения переноса однокомпонентной системы. 5. Понятие об аналитических методах решения дифференциальных уравнений (метод разделения переменных, метод мгновенных источников, применение функций Грина). 6. Представление о численных методах решения систем дифференциальных уравнений ТМО (прогонки) . 7. Представление о механизмах процессов переноса скаляра. 8. Понятие о методе аналогий, критерии и числа подобия тепловой, диффузионной и гидродинамической задач. 9. Понятие о предельных режимах течения и тепломассообмена в задачах НГО . 10. Уравнения подобия для задач гидродинамики и тепломассопереноса (связи для тепловой, диффузионной и динамической задач). 11. Понятие о ламинарном и турбулентном течении. 12. Понятие о методе Даламбера решения уравнений переноса скаляра. 13. Понятие об управлении процессами при варьировании определяющих критериев подобия задач ТМО в НГО. 14. Теорема Дюамеля в решении задач процессов переноса с переменными граничными условиями для температурного поля. 15. Понятие об уравнениях типа пограничного слоя Л. Прандтля.
2.	Опрос - собеседование при сдаче индивидуальных заданий	1. Понятие о законе Ньютона – Рихмана. Дальтона в определении полных потоков тепла и массы от рабочего тела к поверхности устройства НГО. 2. Виды конвекции (смешанная, естественная, вынужденная) и определяющие критерии тепловых процессов. 3. Пояснить: является процесс тепло- и массообмена – простым или сложным – различия? 4. Перечислить режимы течений и тепломассопереноса при краевых условиях 1 – 4 рода. 5. Криволинейные координаты и их физический смысл. Коэффициенты Ляме. Уравнение неразрывности для несжимаемой жидкости.

		6. Решение тепловой и диффузионной задач для гидродинамически стабилизированного течения: Кейса-Кроуссоляда, Джиллилаида-Шервуда. 7. Понятие об изотропной несжимаемой неньютоновской жидкости, не проявляющей упругих свойств – модели Оствальда-Бингама, Рейнера-Филлипова. 8. Эффекты Вайссенберга, Томса, Дейча при переходных процессах при течении реологически сложных сред. 9. Определение гидродинамического, температурного и диффузионного пограничных слоев, связи для толщин слоев. 10. Потери на трение в автомодельных и пространственных процессах течения УВ сред. 11. Уравнения Орра-Зоммерфельда. 12. Теоремы Сквайра, Рэлея о кривизне профиля скорости и устойчивости потока. 13. Понятие о массовых и поверхностных, внутренних и внешних силах. 14. Понятие о Тензор напряжений и его свойства и инварианты. 15. Понятие об уравнениях Онзагера. Принципы взаимности, симметрии Кюри. 16. Понятие о Современных методах моделирования и расчета турбулентных потоков инертных и реагирующих однофазных и многофазных сред (RANS, DNS, LES). 17. Сетка, дискретизация, схема, разностные уравнения, порядок и ошибка аппроксимации, сходимость решений.			
3.	Тестирование	п/п	Вопрос	№	Вариант ответа
		1	Обычно математическая модель процессов течения и тепломассообмена полностью отражает:	1	характеристики практических процессов
				2	систему уравнений, которые частично описывают процесс, но решить эту систему трудно
				3	систему уравнений, которые можно решить и решение в достаточной мере отражает характеристики реальных процессов;
		2	Какое утверждение о законе Фика несправедливо?	1	$J_{ik} = -D_i \frac{\partial c_i}{\partial x_k}$ закон имеет вид
				2	величина D_i зависит от направления диффузионного потока;
				3	в газах D_i того же порядка, что и коэффициент вязкости;
				4	в жидкостях при турбулентном движении D_i много меньше коэффициента вязкости;
				5	в жидкостях при ламинарном течении D_i много меньше, чем λ / c_p .
		3	Что представляют собой члены уравнения диффузии массы индивидуальной компоненты $\rho u_j \frac{\partial c_i}{\partial x_j} - \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho D_{ij} \frac{\partial c_i}{\partial x_j}) = -\rho \frac{\partial c_i}{\partial t} + R_i$	1	первый – источник вещества в результате химической реакции;
				2	второй – диффузионный член
				3	третий – градиент полного потока вещества
				4	четвертый – нестационарный член

		4	Являются ли следующие утверждения и соотношения $q_i = -\lambda \frac{\partial T}{\partial x_i} \quad h_j = \int_0^T c_j dT$  $\sum R_j = 0$ $\lambda = \sum c_j D_j \quad \frac{dh_j}{dx} = c_j \frac{dT}{dx}$	1	определением;
				2	верным или неверным логическим выводом из определений;
				3	выводом из опытных данных, имеющих высокую степень надежности;
				4	умеренную достоверность с независимой температурой;
		5	Эффективная вязкость турбулентного потока может быть связана с кинетической энергией турбулентности k и ее интегральным масштабом L соотношением:	1	$\mu = k^{0.5} / L$
				2	$\mu = \rho k L^2$
				3	$\mu = \rho k^{0.5} L$
				4	$\mu = k^{0.5} / L^2$
4.	Презентация (выполняется как индивидуально, так и в парах)	Темы презентаций: 1. Моделирование пространственных течений в полях действия массовых сил в трубах и каналах с криволинейной границей. 2. Турбулентный тепло- и массообмен при движении вязких сред в областях различной конфигурации стенки теплоэнергетических устройств. 3. Численное моделирование гидродинамики и теплообмена при движении вязких сред на участках трубопровода с секциями Т-образной формы. 4. Образование асфальтосмолопарафиновых отложений в условиях обводненности нефти. 5. Тиксотропные свойства буровых растворов. 6. Моделирование турбулентных течений слабозапыленных дисперсных сред при магистральном транспорте природного газа. 7. Математическое моделирование скрещивающихся эффектов термодиффузии и диэлектрофореза при электромагнитном обезвоживании нефти. 8. Методология экспериментального исследования режимов течения двухфазного потока. 9. Численное моделирование пространственного закрученного потока электропроводящей жидкости в трубах и каналах при воздействии поперечного магнитного поля. 10. Анализ промышленного опыта исследований течений высоковязкой сырой нефти в трубопроводах.			
5.	Семинар и его вопросы	1	Рассматривается развивающееся ламинарное течение вязкой несжимаемой жидкости в трубах (каналах). Система уравнений, определяющих течение, имеет вид:		

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r v) = \epsilon \frac{\partial^2 p}{\partial r^2} \quad (1)$$



(2)

Здесь $\epsilon=1$ – отвечает цилиндрической симметрии канала. $\epsilon=0$ – случай плоского течения; u, v – осевая и радиальная компоненты вектора скорости в направлении оси x, r соответственно. p – давление.

Задание.

1. Рассчитать распределение скорости для случая:

- полностью развитого потока в цилиндрической трубе и плоском канале в предположении, что поле давления известно, теплофизические свойства постоянны.

Граничные условия к интегрированию системы (1), (2):

$$x=0: u=U_0, v=0; \quad (3)$$

$$r=0: \frac{\partial u}{\partial r} = 0, v=0; \quad r=R: u=v=0. \quad (4)$$

2. По известной осевой скорости определить среднюю по сечению скорость, максимальную скорость; коэффициент трения

3. Предположите, что одна из пластин плоского канала неподвижна, а другая движется со скоростью U_0 .

Рассчитать полностью развитый поток между пластинами для различных значений параметра

$$K = \frac{\eta \Phi}{\alpha L b}, \quad \text{где } h=2R \text{ – расстояние между пластинами.}$$

3. Дать характеристику физического смысла слагаемых системы (1), (2). Установить особенности использования уравнений и тип системы уравнений движения.

4. Указать проблемы расчета развивающихся течений в трубах и каналах в условиях ламинарного и турбулентного режимов течения

II. Тема “Течение неньютоновских сред”

Условия течения. Жидкость, по своим свойствам близкая бигманов-ской модели, движется по вертикальной трубе под действием градиента давления и/или ускорения свободного падения. Радиус и длина трубы известны.

Получить соотношение между объемным расходом и силами давления и тяжести, совместно действующими на жидкость.

Указания:

- используется модель вязкопластической жидкости Шведова-Бигмана;
- в центральной части трубы существует область “поршневого режима течения”;

$$\frac{1}{r} \frac{d}{dr} (r \tau_{xy}) = \frac{d_p}{d},$$

- уравнение движения имеет вид

III. Тема “Совместное течение несмешивающихся жидкостей”

		Рассматривается задача о течении с границей раздела двух несжимаемых жидкостей разных вязкостей в горизонтальном канале длиной L с заданным градиентом давления. При этом скорость течения фаз такова, что канал на половину заполнен жидкостью более плотной фазы и менее плотной фазы. Требуется: дать анализ течения с точки зрения распределения скоростей и потока количества движения, получить – максимальные скорости фаз, скорость на поверхности раздела фаз, плоскость, в которой касательное напряжение $\tau_{xy}=0$, силу трения на стенках - . Указания: 1) воспользоваться уравнением баланса количества движения, записанного для тонкого слоя; 2) считаем для простоты, что среды - ньютоновские. IV. Тема “Исследование турбулентного течения” Задание. Вывод логарифмической формулы для профиля скоростей в трубе. Требуется найти осредненные по времени распределения скоростей в длинной трубе, используя гипотезу длины смещения Прандтля, ди-намические уравнения движения Рейнольдса.
6.	Коллоквиум	1. Понятие о законах сохранений процессов переноса (вид обобщенного транспортного уравнения признака). 2. Уравнение колебаний струны. Решение уравнения свободных колебаний при условии. 3. Жёсткого закрепления концов. Стоячие волны. 4. Типы граничных условий для уравнения переноса (колебаний) и их физическое истолкование. 5. Решение неоднородных уравнений с однородными граничными условиями. 6. Алгоритм решения задач с неоднородными граничными условиями. 7. Уравнение теплопроводности (принцип формулировки). Виды граничных условий для уравнения теплопроводности. Алгоритм решения уравнения теплопроводности тв. тела с однородными граничными условиями. 8. Стационарное распределение тепла. Решение уравнения Лапласа в круге. 9. Классификация граничных условий для уравнений Лапласа и Пуассона. 10. Уравнения второго порядка в частных производных. Характеристики. Теорема о характеристиках. 11. Классификация уравнений второго порядка в частных производных. Приведение к каноническому виду. 12. Основные уравнения процессов переноса [неразрывности, количества движения (в напряжениях и естественных переменных, тип - Навье-Стокса, Эйлера), энергии (полной, внутренней, механической формы, тип - Фурье-Остроградского, Фурье-Кирхгофа), состояния (калорическая, термическая формы)]. 13. Понятие о диссипативной функции Рэлея (физический смысл), температуре торможения. 14. Уравнение баланса энтропии (физический смысл механизмов переноса). 15. Поток и источник энтропии и исследовании гомогенных неизоэнтальпических химически реагирующих смесей. 16. Поток обобщенного заряда. Уравнение переноса скалярной субстанции (Н.А. Умова). 17. Аксиоматические связи в термодинамике необратимых процессов (уравнение Онзагера). 18. Законы переноса и излучения (изотропная и анизотропная среда: Фурье, Фика, Соре, Дюфо, Планка, Рэлея-Джинса, Стефана-Больцмана). 19. Подобие физических явлений. Параметры подобия тепловой, динамической и диффузионной задач. 20. Электродинамические явления в жидкостях (понятие об уравнениях Максвелла). 21. Ламинарные и турбулентные течения (законы - Пуазейля, Прандтля-Кармана, Стокса, Блазиуса, Никурадзе, Альтштуля). 22. Уравнения переноса локальных свойств турбулентных вихрей (двухпараметрические модели).

		23. Условия однозначности задач НГО (ГД, ТМО). 24. Решения Блазиуса, Польгаузена (несжимаемое вязкое обтекание тонкой плоской стенки и теплообмен).
7.	Реферат	1. Исследование комплексных виброакустических и гидродинамических процессов в прямолинейном и неоднородном трубопроводе в условиях его сильного возбуждения пульсациями течения вязкой жидкости. 2. Исследование гидродинамики и теплообмена в условиях установившихся режимов течения нефтепродуктов в трубопроводах. 3. Моделирование условий гидродинамической устойчивости (неустойчивости) течения вследствие структурной неустойчивости газожидкостных смесей в горизонтальных и вертикальных трубопроводах. 4. Гидродинамика и теплообмен при течении высоковязких углеводородных сред в трубопроводах с переменной по длине площадью поперечного сечения в условиях пуска/останова энергетического оборудования. 5. Исследование механизмов массопереноса, сепарации и фильтрации в дисперсных водонефтяных потоках в полях массовых инерционных и электромагнитных сил. 6. Комплексное моделирование и исследование реологических свойств многофазной жидкотекущей среды в замкнутых системах. 7. Закономерности гидродинамики при управлении течением двухфазных углеводородных сред в трубопроводах.
8.	Контрольная работа	1. Тепло-, гидро-, газодинамические локальные и интегральные характеристики процессов переноса импульса и тепла при трубопроводном транспорте нефти, нефтепродуктов и газа в условиях развитого и развивающегося течений, представляющие решение задач НГО по уравнениям математической физики, теорий сопротивления и теплопередачи. 2. Уравнение теплопроводности. Метод Фурье при решении однородного уравнения теплопроводности. Приложение к нефтепромысловым и транспортным задачам. 3. Неоднородные уравнения теплопроводности / волновое и их приложение к задачам нефтепромыслов и транспортной механики. 4. Метод разделения переменных для уравнения Лапласа в различных постановках задач (Дирихле, Неймана). 5. Понятие об операторном методе решения линейных задач. Преобразование Лапласа. Простейшие свойства преобразования Лапласа.
9.	Защита лабораторной работы	1. Определение коэффициента сопротивления прямого гладкого трубопровода с целью - определение зависимости коэффициента сопротивления трубопровода от числа Рейнольдса и сравнение с известными результатами, автомодельные решения задачи о течении вязкой несжимаемой жидкости, близкой по физическим свойствам к капельной УВ среде. 2. Исследование гидродинамики и локальных сопротивлений при течении жидкости по осесимметричному каналу целью — выяснения характера изменений сопротивления во входном участке трубопровода, секций с диафрагмами и отверстиями разного диаметра. Вопросы в лабораторным работам: 1. (Вопрос к лабораторной работе 1) - Какова оценка эффективности методики расчета динамических и тепловых локальных и интегральных параметров течения и теплообмена в условиях развивающихся течений с имеющимися опытными данными;

		2. (Вопрос к лабораторной работе 2) - Как проявляется влияния процесса изменения геометрии области течения (размеров высоты уступа), режима (скорости течения) на протяженность зон отрыва, присоединения потока, а также интенсивность процессов и структуру течения и теплообмена в ламинарном и турбулентном потоках в трубах и каналах. 3. (Вопрос к лабораторным работам 1, 2) – Дать объяснение характеру изменений интегральных параметров процессов переноса в данных условиях и их критериальным связям для прогноза аварийных ситуаций в работе оборудования
10.	Защита курсового проекта	Тематика проектов: 1. Моделирование движения тяжёлого газа в приземном слое атмосферы (проект защищает в разделе 1 – явления и особенности изменений локальных характеристик математической модели, достоверность прогноза) 2. Математическое моделирование нестационарных газожидкосных потоков: модель газопроявления при бурении скважин (проект защищает в разделе 2 – обоснование подходов к описанию течения смесей и результаты внутрифазных и межфазных явлений) 3. Моделирование процесса сепарации: повышение степени извлечения конденсирующихся УВ из нефтяного газа (проект защищает в разделе 3 – положения к моделированию тепломассообмена при феноменологическом методе) 4. Процессы фильтрации жидкостей с применением современных технологий на основе свойств механической “стоячей волны” (проект защищает в разделе 4 – оригинальные решения , включающие идеи метода аналогий) 5. Современное состояние проблем и методов акустического воздействия на процессы добычи и транспорта нефти(проект защищает в разделе 3 – обоснование математических моделей и методов решения уравнений теорий математической физики применительно к акустическим проблемам) 6. Влияние электромагнитного поля на гидродинамику и тепломассоперенос при течении смесей в трубах (проект защищает в разделе 4 – положения теорий тепломассопереноса и сопротивления при сложном течении смесей) 7. Моделирование процессов притока флюида к горизонтальной скважине (проект защищает в разделе 2 – идеи построения и обоснования дифференциальных моделей к изменению локальных параметров течения) 8. Закономерности гидродинамики и тепломассопереноса при исследовании задач в природе и технике (проект защищает в разделе 3- постановки задач к описанию процессов переноса и методы их решения) 9. Моделирование процесса фильтрации с учетом нелинейного закона фильтрации в низкопроницаемых коллекторах (проект защищает в разделе 2 – принципы моделирования процессов массопереноса в средах, осложненных нелинейным характером изменений теплофизических свойств) 10. Применение теории подобия в исследованиях процесса сепарации фаз при газификации сжиженного природного газа (проект защищает в разделе 4 – результаты решений задач в безразмерном виде и анализ критериальных связей для определяющих критериев подобия) Вопросы к защите: 1. Представления о допущениях при математическом моделировании процессов переноса в объекте исследования. 2. Определяющие уравнения модели и физический смысл их слагаемых в описании процессов. 3. Постановка краевых условий задачи.

		4. Замыкающие связи модели и их особенности в построении общего и частного решений. 5. Метод решений, его достоверность. 6. Степень достоверности результатов. 7. Аппроксимация производных дифференциальной задачи и детали численного решения. 8. Обобщение результатов в критериальные связи для прогноза процессов методом теории подобия. 9. Внедрение результатов в практику прикладных исследований задач НГО. 10. Перспективы и проблемы решений задач.
11.	Экзамен	Вопросы на экзамен: 1. Законы сохранения физических субстанций (массы). Дивергентная форма уравнения неразрывности. 2. Математические модели сплошных сред (идеальная жидкость). 3. Уравнения Рейнольдса для исследования сложных сдвиговых потоков в трубопроводах. 4. Понятие о динамическом пограничном слое. Уравнения Прандтля. Специальные методы расчета пристеночных течений вязких сред. 5. Краевые задачи с нелинейностью первого и второго рода к расчету диффузионных процессов в твердых телах. 6. Задача Штурма-Лиувилля (постановка задачи на собственные значения). 7. Разложение функций в ряд Фурье. 8. Уравнения эллиптического типа (Лапласа, Пуассона) в описании физических явлений. 9. Метод Фурье разделения переменных в решении задач математической физики. 10. Формула Грина-Остроградского в описании процессов переноса. 11. Методы дискретизации краевых задач математической физики. 12. Конечно-разностные аппроксимации дифференциальных уравнений. 13. Принцип максимума. 14. Конечно-разностные аппроксимации граничных условий. 15. Устойчивость конечно-разностных схем. Метод фон Неймана. 16. Методы решения сеточных уравнений (итерационные методы Якоби и Гаусса-Зейделя). 17. Метод переменных направлений и нижней/верхней релаксации. 18. Явные и неявные схемы (уравнение теплопроводности). Метод Кранка-Николсона. 19. Метод прогонки. 20. Численные методы решений уравнений Навье-Стокса: алгоритм SIMPLE (by S. Patankar).

5. Методические указания по процедуре оценивания

Проводятся методические материалы (процедуры проведения) ко всем оценочным мероприятиям:

Оценочные мероприятия		Процедура проведения оценочного мероприятия и необходимые методические указания
1.	Экспресс - опрос	Проводится с целью определения способности и готовности студента к темам практических, лабораторных и лекционных занятий, сформированных ранее при сдаче отчетностей по дисциплинам “Гидравлика и нефтегазовая гидродинамика”, “Теплопередача и газотурбинные установки” по направлению 21.03.01 «Нефтегазовое дело» в рамках усвоенных компетенций по основам и фундаментальным понятиям о расчетах процессов переноса при течении УВ сред в открытых и замкнутых термодинамических системах (трубах, каналах, скважинах) Оценивание знаний осуществляется в соответствии с данными.

Оценочные мероприятия		Процедура проведения оценочного мероприятия и необходимые методические указания
		“Низкий уровень” – удовлетворительно, 1 балл – отсутствуют четкие знания по методологии расчета процессов течения вязких сред во внутренних системах “Высокий уровень” – отлично, 2 балла – имеются практические навыки использования аппарата механики сплошных сред, уравнений математической физики в решении задач гидродинамики несжимаемых и сжимаемых систем в природе и технике
2.	Опрос - собеседование	Проводится для оценки уровня компетенций по моделированию гидродинамики и тепломассопереноса в УВ смесях, сформированных ранее согласно ООП по направлению 21.03.01 «Нефтегазовое дело» в рамках понимания фундаментальных вопросов об энерго- и ресурсосбережении, гидродинамики и тепломассопереносу Оценивание знаний осуществляется в соответствии с данными. “Низкий уровень” – удовлетворительно, 1 балл – нет строгих формулировок фундаментальных понятий, присутствуют ошибки и неточности формулировок определяющих уравнений моделей процессов. “Высокий уровень” – отлично, 2 балла – развито самостоятельное инженерное мышление, при ответах студент демонстрирует владение методами математического моделирования – аналитическим, интегро-дифференциальным, графическим, дает полные определения понятий процессов и механизмов переноса, их математические формулировки.
3.	Тестирование	Проводится в начале лекций и практических занятий в течение 8-10 минут и при полном ответе студентов на поставленные вопросы, оценивается в 7 баллов (всего запланировано 4 тестирования). Студенты готовятся на основе лекционного материала, нормативно-технической документации, приведенного на сайте преподавателя (раздел «Учебно-методический материал»), который доступен для студентов по ссылкам: https://portal.tpu.ru/SHARED/f/FELIC/Metod_material Оценивание знаний осуществляется в соответствии с данными. “Низкий уровень” – удовлетворительно, 2-3 балл – слабое представление о вариантном анализе результатов решения задач в рамках теорий сопротивления и тепломассопереноса, имеются проблемы формулировки математической модели конкретного процесса применительно к автомоделным явлениям “Средний уровень” – хорошо, 4-5 балла – демонстрируются знания фундаментальных понятий, терминов, вида уравнений законов сохранения в специфических условиях, даются заключения о краевых условиях для выделения частного решения “Высокий уровень” – отлично, 6-7 балла – ответ сопровождается анализом формулировки математической модели, фундаментальных решений, обобщений результатов в практику приложений
4.	Презентация	Предлагаются темы презентаций для поиска соответствующей информации в источниках НТБ ТПУ, электронных ресурсах научно-технической литературы и на официальных сайтах зарубежных журналов. Презентации готовят по выбранной тематике индивидуально и в группах по 2 студента (по принципу командной работы). Также в помощь студентам предлагаются задания по презентациям, которые обсуждаются индивидуально с преподавателем с целью определения готовности студента к детальному исследованию рассматриваемой проблемы. Защита презентаций проводится на консультациях. 1 Презентация оценивается в 5 баллов. Оценивание знаний осуществляется в соответствии с данными.

Оценочные мероприятия		Процедура проведения оценочного мероприятия и необходимые методические указания
		“Низкий уровень” – удовлетворительно, 1-2 балл – невыразительны, неубедительны положения, к редукции уравнений математической модели при использовании заключений о корректности постановок и метода исследования “Средний уровень” – хорошо, 3-4 балла – есть четкие представления о достоинствах и недостатках постановки задачи и метода ее исследования, имеются проблемы анализа результатов исследования “Высокий уровень” – отлично, 5 балла – дается характеристика деталей моделирования, замыканий к модельным уравнениям, формулировке краевой задачи и распределения параметров решения (результатов) в рассматриваемой области.
5.	Семинар	Ориентирован на дополнительную экспертизу результатов исследования по проблемам и отчетностям студента в рамках выступления на семинаре МНОЛ “Нефтегазовая гидродинамика и тепломассоперенос” при ИШ ПР НИ ТПУ и преследует цель подготовки материала статьи для участия в конференциях студентов и молодых ученых НИ ТПУ и других вузов РФ, посвященных проблемам математического моделирования задач НГО. Оценивается в 10 баллов Оценивание знаний осуществляется в соответствии с данными. “Низкий уровень” – удовлетворительно, 3-5 баллов – нет представления о данных физического моделирования и сути механизмов описания процессов используемыми уравнениями математической модели, корректности метода решения задачи “Средний уровень” – хорошо, 6-7 баллов – даются общая характеристика решения проблемы и ее особенностей, но присутствуют трудности доказательства корректности результатов “Высокий уровень” – отлично, 8-10 баллов – присутствуют данные физико-математического моделирования (уравнения и их замыкания, детали численного анализа), позволяющие строить заключения по обобщению результатов на практические процессы и использовать результаты в расчетах технических устройств
6.	Коллоквиум	Проводится в рамках занятия в период проведения конференц-недель в течение 30 минут и при полном ответе студентов на поставленные вопросы, оценивается 2 баллов. Студенты готовятся на основе лекционного материала, нормативно-технической документации, приведенного на сайте преподавателя (раздел «Учебно-методический материал», подразделы «НТД», «Лекции»), который доступен для студентов по ссылкам: https://portal.tpu.ru/SHARED/f/FELIC/Metod_material Оценивание знаний осуществляется в соответствии с данными. “Низкий уровень” – удовлетворительно, 1 балл – приводятся формулировки определений понятий и уравнений модели, некорректных в исследованиях “Высокий уровень” – отлично, 2 балла – есть четкие знания особенностей моделирования рассматриваемого процесса, для тестирования результатов приводятся данные по определению погрешностей и установления точности решений, даны заключения по использованию результатов в практике приложений.
7.	Реферат	Защита реферата проводится в форме выступления перед студентами на занятии и конференц-неделе с предоставлением презентации результатов реферата в течении 10 минут. Проблемы подготовки защиты детально обсуждаются с преподавателем, при этом используются сведения при выполнении индивидуальных заданий по дисциплине, представленные на сайте преподавателя (раздел «Учебно-методический материал», подраздел

Оценочные мероприятия		Процедура проведения оценочного мероприятия и необходимые методические указания
		«Методические указания»), который доступен для студентов по ссылке: https://portal.tpu.ru/SHARED/f/FELIC/Metod_material. Работа оценивается в 5 баллов Оценивание знаний осуществляется в соответствии с данными. “Низкий уровень” – удовлетворительно, 1-2 балл – результаты исследования соответствуют формальному анализу проблемы, без уяснения сути процессов и их прогноза “Средний уровень” – хорошо, 3-4 балла – есть представление о месте проблемы в современных исследования, методам их решения, нечеткие данные по выявлению корректности результатов “Высокий уровень” – отлично, 5 баллов – полный анализ проблемы в рамках физико-математического моделирования, приводятся сведения по деталям метода решения и анализу результатов, их верификация и внедрение в практику
8.	Контрольная работа	Контрольные работы проводятся на лекциях в течение 10 минут и при полном ответе студентов на поставленные вопросы, оценивается в 4 балла (всего запланировано 2 контрольные работы). Студенты готовятся на основе лекционного материала, нормативно-технической документации и перечня вопросов для КР1 и КР2, приведенного на сайте преподавателя (раздел «Учебно-методический материал», подразделы «Методические указания», «НТД», «Лекции»), который доступен для студентов по ссылкам: https://portal.tpu.ru/SHARED/f/FELIC/Metod_material Данные оцениваются в 4 балла “Низкий уровень” – удовлетворительно, 1-2 балла – присутствует только формальный, теоретический анализ проблемы, нет данных о практическом использовании модели и ее результатов (законов изменений локальных и интегральных переменных процесса) “Высокий уровень” – отлично, 3-4 балла – результаты полно способны характеризовать проблему (представлены с обоснованием физического и математического смысла слагаемых и переменных уравнений модели), привлекаются элементы теории механики сплошных сред.
9.	Защита лабораторной работы	С деталями выполнения, подготовки и защиты лабораторных работ, с материалом (лекций, практик, нормативно-технической документации и перечня вопросов для контроля (КР1 и КР2)), студенты знакомятся на <i>сайте преподавателя</i> (раздел «Учебно-методический материал», подразделы «Методические указания», «НТД», «Лекции»), который доступен по ссылкам: https://portal.tpu.ru/SHARED/f/FELIC/Metod_material Защита работы выполняется по ранее составленному расписанию, в котором указан срок проведения каждой работы. Перед защитой работы необходимо изучить ее описание и пройти экспресс-опрос/собеседование с преподавателем по теоретическим вопросам, относящимся к данной работе. К началу следующего лабораторного занятия преподавателю сдают законченный отчет по выполненной работе. Защита работы представляется в виде демонстрации текста и данных результатов, оформленного в соответствии с общими требованиями. Материал отчета должен содержать: а) конспект по теории данного вопроса; б) схему установки; в) данные наблюдений в табличной форме; г) результаты численных расчетов по данным наблюдений в табличной форме; д) графики с кривыми, выражающими результаты измерений; Содержание работы отвечает формулировкам: е) основные выводы и анализ возможных ошибок. Защита результатов работы оценивается в 3 балла “Низкий уровень” – удовлетворительно, 1-2 балл – нет четких знаний при заполнении протокола исследования работы, использующего теоретические разделы теорий сопротивления и теплопередачи, гидрогазодинамики

Оценочные мероприятия		Процедура проведения оценочного мероприятия и необходимые методические указания															
		“Высокий уровень” – отлично, 3 балла – отражены данные моделирования, допущений к анализу модели, погрешностям и корректности результатов, приводятся сведения о современных методах и результатах исследования подобных процессов в задачах НГО другими подходами.															
10.	Выполнение курсового проекта	Курсовой проект выполняется в форме пояснительной записки и является самостоятельной работой студента, выполняемой под руководством преподавателя. Основной целью работы является правильное применение полученных знаний для решения конкретных инженерных задач. В работе студенты должны анализировать и систематизировать научно-техническую информацию в сфере проектирования и эксплуатации газонефтепроводов и хранилищ с учётом передового отечественного и зарубежного опыта. Для эффективного проведения самостоятельного поиска решения предлагаемых задач имеется возможность использовать обширный учебно- методический материал, Интернет-ресурсы, научную и справочную литературу. Одним их существенных условий написания курсового проекта по выбранной теме является умение студентов оперировать статистическими данными и проводить их анализ, а также представлять аналитическую информацию в виде расчётов, таблиц, схем, графиков, рисунков. Студенты могут выбирать темы курсового проекта в рамках предложенной тематики (тематика прописана в рабочей программе дисциплины) с учетом индивидуальных предпочтений. Выбор варианта для расчетного раздела курсового проекта осуществляется в соответствии с номером студента в списке группы. Критерии оценивания выполнения курсового проекта: <table><tr><th>Критерий</th><th>6 - 10 баллов</th><th>2 - 5 баллов</th><th>0 - 1 балл</th></tr><tr><td>1. Степень теоретической обоснованности исследования</td><td>В работе представлен достаточный для освещения темы теоретический анализ проблемы, рассмотрены современные (не старше 10 лет) источники, обзор литературы снабжён ссылками и выводами</td><td>В работе проведен теоретический анализ с опорой только на работы, относящиеся преимущественно к одному узкому теоретическому/исследовательскому подходу без соотнесения с другими теориями, с современными подходами</td><td>В работе теоретический анализ как таковой не проводился, теоретический обзор производит ощущение недостаточного</td></tr><tr><td>2. Качество расчетов, интерпретация данных и обоснованность выводов</td><td>При вычислении расчетных разделов курсовой работы прописан алгоритм вычисления, полученные результаты описаны и проинтерпретированы, выводы обоснованы. Расчеты выполнены верно.</td><td>При вычислении расчетных разделов курсовой работы не прописан алгоритм вычисления, полученные результаты описаны не полностью, выводы обоснованы. Расчеты выполнены частично верно.</td><td>При вычислении расчетных разделов курсовой работы не прописан алгоритм вычисления, полученные результаты не интерпретированы, отсутствуют выводы. В расчетах есть ошибки.</td></tr></table>				Критерий	6 - 10 баллов	2 - 5 баллов	0 - 1 балл	1. Степень теоретической обоснованности исследования	В работе представлен достаточный для освещения темы теоретический анализ проблемы, рассмотрены современные (не старше 10 лет) источники, обзор литературы снабжён ссылками и выводами	В работе проведен теоретический анализ с опорой только на работы, относящиеся преимущественно к одному узкому теоретическому/исследовательскому подходу без соотнесения с другими теориями, с современными подходами	В работе теоретический анализ как таковой не проводился, теоретический обзор производит ощущение недостаточного	2. Качество расчетов, интерпретация данных и обоснованность выводов	При вычислении расчетных разделов курсовой работы прописан алгоритм вычисления, полученные результаты описаны и проинтерпретированы, выводы обоснованы. Расчеты выполнены верно.	При вычислении расчетных разделов курсовой работы не прописан алгоритм вычисления, полученные результаты описаны не полностью, выводы обоснованы. Расчеты выполнены частично верно.	При вычислении расчетных разделов курсовой работы не прописан алгоритм вычисления, полученные результаты не интерпретированы, отсутствуют выводы. В расчетах есть ошибки.
Критерий	6 - 10 баллов	2 - 5 баллов	0 - 1 балл														
1. Степень теоретической обоснованности исследования	В работе представлен достаточный для освещения темы теоретический анализ проблемы, рассмотрены современные (не старше 10 лет) источники, обзор литературы снабжён ссылками и выводами	В работе проведен теоретический анализ с опорой только на работы, относящиеся преимущественно к одному узкому теоретическому/исследовательскому подходу без соотнесения с другими теориями, с современными подходами	В работе теоретический анализ как таковой не проводился, теоретический обзор производит ощущение недостаточного														
2. Качество расчетов, интерпретация данных и обоснованность выводов	При вычислении расчетных разделов курсовой работы прописан алгоритм вычисления, полученные результаты описаны и проинтерпретированы, выводы обоснованы. Расчеты выполнены верно.	При вычислении расчетных разделов курсовой работы не прописан алгоритм вычисления, полученные результаты описаны не полностью, выводы обоснованы. Расчеты выполнены частично верно.	При вычислении расчетных разделов курсовой работы не прописан алгоритм вычисления, полученные результаты не интерпретированы, отсутствуют выводы. В расчетах есть ошибки.														

Оценочные мероприятия		Процедура проведения оценочного мероприятия и необходимые методические указания			
		3. Последовательность и логичность изложения материала	Текст работы изложен понятно и логично, существует связь между расчетными разделами курсовой работы	В тексте работы встречаются нарушения логических последовательностей	Расчетные разделы работы представляют собой несвязанные части работы
		4. Оценка оформления и грамотности	Работа распечатана на принтере и соответствует требованиям по оформлению курсовых работ ТПУ, оформлены ссылки на используемые источники и цитаты, формулировки корректны с точки зрения русского языка	Работа распечатана на принтере и соответствует требованиям по оформлению курсовых работ ТПУ, частично оформлены ссылки на используемые источники, отсутствуют орфографические и стилистические ошибки	Работа распечатана на принтере с нарушением требований к оформлению курсовых работ ТПУ, отсутствуют ссылки на используемые источники, в работе много орфографических и стилистических ошибок.
		Подготовленный курсовой проект подписывается студентом и представляется преподавателю на проверку в установленные календарным рейтингом планом курсового проекта сроки. Проверка курсового проекта преподавателем осуществляется в течение трех дней после сдачи. Преподаватель оценивает выполнение курсового проекта и соответствие календарному рейтинговому плану по 40-балльной системе. Курсовой проект считается выполненным, а студент получает допуск к защите при получении 22 баллов, на титульном листе преподаватель делает отметку «К защите», проставляет набранное количество баллов и ставит подпись. Если в результате проверки студент получает меньшую сумму баллов, то работа возвращается студенту для доработки или переделки. Замечания преподаватель в письменном виде представляет студенту. На титульном листе делается отметка «Доработать» или «Переделать».			
11.	Защита курсового проекта	Защита проводится в форме выступления с демонстрацией презентации результатов, подготовки материала тезисов доклада (2 стр.) для международного симпозиума/конференции молодых ученых (НИ ТПУ, “Проблемы геологии и освоения недр”, секция “Методы математического моделирования процессов транспорта нефти и газа”) перед студенческой аудиторией (магистранты направления 21.04.01 “Нефтегазовое дело”). Тематика проекта детально обсуждается с преподавателем, используются сведения, представленные на сайте преподавателя в разделе «Учебно-методический материал», который доступен для студентов по ссылке: https://portal.tpu.ru/SHARED/f/FELIC/Metod_material Защита курсового проекта, что позволяет выявить степень сформированности профессионального мышления студентов и освоенности программного материала в процессе самостоятельной работы над курсовым проектом. Защита курсового проекта состоит из двух этапов: краткое сообщение (2-3 минуты) о сути и результатах работы, которое проходит на основе заранее подготовленного доклада и предполагает свободное владение темой исследования и ответы на вопросы. Преподаватель может задавать по три вопроса по каждому разделу курсового проекта. Также преподаватель может задавать уточняющие и дополнительные вопросы.			

Оценочные мероприятия		Процедура проведения оценочного мероприятия и необходимые методические указания			
		Критерии оценивания защиты курсового проекта:			
		Критерий	11 - 20 баллов	4 - 10 баллов	0 - 3 баллов
		1. Соответствие содержания доклада и степень владения заявленной темой исследования	Содержание доклада соответствует заявленной теме и в полной мере её раскрывает, студент демонстрирует свободное владение темой	Содержание доклада, не в полной мере раскрывает заявленную тему, студент испытывает затруднения при докладе	Содержание доклада не соответствует заявленной теме, студент не способен передать основные этапы при написании работы
		2. Навыки проведения расчетов и оценка полученных результатов	Студент может рассказать алгоритм вычисления, демонстрирует формулы для вычисления и расчеты, может интерпретировать полученные результаты, понимает и демонстрирует взаимосвязь рассчитанных показателей.	Студент может рассказать алгоритм вычисления, испытывает затруднения при демонстрации формул для вычисления и расчетов, может интерпретировать полученные результаты, испытывает затруднения при демонстрации взаимосвязи рассчитанных показателей.	Студент испытывает затруднения или не может рассказать алгоритм вычисления, испытывает затруднения при демонстрации формул для вычисления и расчетов, не может интерпретировать полученные результаты, не понимает взаимосвязи рассчитанных показателей
		3. Ответы на вопросы преподавателя	Студент свободно отвечает на все вопросы, демонстрирует свободной владение по каждому разделу курсового проекта и понимает взаимосвязь этих разделов.	Студент испытывает затруднения при ответе на все вопросы, дает полные ответы с помощью наводящих вопросов, демонстрирует свободной владение по каждому разделу курсового проекта и понимает взаимосвязь этих разделов.	Студент испытывает затруднения при ответе на все вопросы, не может дать ответ наводящих вопросов, не понимает взаимосвязи полученных показателей и расчётов.
		Преподаватель оценивает защиту курсового проекта и соответствие календарному рейтинг плану по 60-балльной системе. Защита курсовой работы считается выполненной, а студент получает итоговую оценку по курсовому проекту при получении 33 баллов, на титульном листе преподаватель ставит баллы за защиту, а также сумму баллов (выполнение работы+защита). Если в результате защиты студент получает меньшую сумму баллов, то студент приходит на защиту повторно в часы консультаций преподавателя. Итоговая оценка за выполнение курсового проекта рассчитывается на основе полученной суммы баллов за выполнение курсового проекта и баллов, набранных при защите согласно календарному рейтинг плану дисциплины.			
12.	Экзамен	В результате изучения дисциплины студенты должны овладеть соответствующими компетенциями и знаниями комплексных методов и подходов численного и физико-математического моделирования основных процессов переноса тепла, массы и импульса в УВ средах. Для инженерных расчетов традиционных задач НГО должно быть усвоено значительное количество расчетных формул, критериальных связей, методик прогноза изменений тепло-, гидро-, газодинамических и диффузионных параметров в УВ системах, которые следует использовать в практике			

	Оценочные мероприятия	Процедура проведения оценочного мероприятия и необходимые методические указания
		инженерных приложений задач НГО. Для допуска к экзамену студент должен получить зачеты по практическим и лабораторным занятиям, успешно подготовить КП и защитить его с предоставлением материала доклада на конференцию. Для выяснения степени закрепления и углубления теоретических знаний, умений и навыков в выполнении расчетов процессов в УВ средах перед получением экзаменационного билета студент дает отвечает преподавателю ключевое фундаментальное определение из раздела дисциплины (типа - формулировка Пи-теоремы теории подобия и метода анализа размерностей, определение задачи Коши, понятие автомодельного решения, вязкостно-инерционно-гравитационный режим течения и теплообмена и т.д.). Результаты допуска и успешной сдачи экзамена оцениваются в 20 баллов. “Низкий уровень” – удовлетворительно, 10 баллов- в ответах на 1.2 вопроса билета содержатся сведения только общего характера, не позволяющие судить о возможности использования других методов (аналитический, интегро-дифференциальный) к объяснению сути процессов, описываемых математической моделью. “Средний уровень” –хорошо, 15 баллов – ответ демонстрируется знаниями и навыками практического решения задач математической физики, теория иллюстрируется заключениями о схемах и структурах потоков в конкретных условиях. “Высокий уровень” – отлично, 20 баллов – блестящая подготовка по фундаментальным разделам, знания современных понятий и определений, обосновываются данные ответа содержанием теорий подобия и анализа размерностей.