

**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))	«Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»		
Специализация	«Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»		
Уровень образования	высшее образование – магистратура		
Курс	1	семестр	1
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6		

Руководитель Отделения		И.А. Мельник
Руководитель ООП		П.Н. Зятиков
Преподаватель		С.Н. Харламов

2020 г.

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

Элемент образовательной программы (дисциплина, практика, ГИА)	Семестр	Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
				Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
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)-4.3В3	Владеет опытом представления результатов академической и профессиональной деятельности
						УК(У)-4.3У3	Умеет логически верно, аргументировано и ясно строить устную речь, в том числе на иностранном языке
						УК(У)-4.333	Знает правила и закономерности личной и деловой устной и письменной коммуникации
		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)-1.1В1	Владеет навыками решения задач в своей предметной области на основе физического и программного моделирования
						ОПК(У)-1.1У1	Умеет применять средства 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)-1.2В2	Владеет опытом разработки физических, математических и компьютерных моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к добыче углеводородного сырья
						ОПК(У)-1.2У2	Умеет применять математические, естественнонаучные и инженерные знания в профессиональной деятельности
ОПК(У)-1.232	Знает основные профессиональные программные комплексы в области математического моделирования технологических процессов и объектов добычи углеводородного сырья						

## 2. Показатели и методы оценивания

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Код индикатора достижения контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование раздела дисциплины	Методы оценивания (оценочные мероприятия)
Код	Наименование			

РД-1	<p>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.</p>	И.УК(У)-4.3	<p><b>Раздел 2.</b> Методы математического моделирования процессов транспорта природного сырья. Способы дискретизация определяющих уравнений математических моделей и краевых условий</p> <p><b>Раздел 3</b> Методы математического моделирования сопротивления, теплообмена и напряженно-деформируемого состояния трубопроводов и процессов их аварийного разрушения</p> <p><b>Раздел 4</b> Математические методы и модели гидрогазодинамики, теплообмена в технологиях снижения затрат на транспорт газов и жидкостей. Дифференциальные модели процессов переноса импульса, тепла и массы.</p> <p><b>Раздел 5</b> Анализ причин и механизмов моделирования воспламенения и горения метано-пропано-водородо-воздушной смеси . . . . .</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Опрос</b> при подготовке и сдаче индивидуальных заданий на практических занятиях</li> <li>2. Результаты выполнения лабораторных работ, критические заключения и рекомендации студентов по их обобщению в практику прикладных исследований рассматриваемых проблем</li> <li>3. Экспресс – опрос фундаментальных положений проблемы, уточнений <b>ключевой терминологии</b> по признаку, наиболее характерному, для определяемого понятия в отечественных и зарубежных исследованиях задач НГО методами математической физики</li> <li>4. Контрольная работа</li> <li>5. Системная подготовка к выполнению, <b>защите курсовой работы</b>, имеющего цель – внедрение <b>современных</b> знаний в практику решения проблемы мат. моделирования методами мат. физики задач НГО</li> <li>6. Получение опыта в персональном участии в оппонировании результатов курсовой работы, представляемого к защите другим студентом группы</li> <li>7. Подготовка <b>публикации</b> по теме курсовой работы, презентация авторского исследования и его защита на семинаре МНОЛ “Нефтегазовая гидродинамика и тепломассообмен”</li> <li>8. Выступление с докладом на специализированном семинаре и заседаниях секции “Математическое моделирование процессов транспорта УВ сред” на <b>международном симпозиуме</b> (“Проблемы геологии и освоения недр” при НИ ТПУ)</li> </ol>
РД-2	<p>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-газоносных бассейнах; - очистки смесей; - прогноза динамики флюидных гидротермальных систем в процессах разработки и эксплуатации нефтяных скважин и месторождений.</p>	И.ОПК(У)-1.1	<p><b>Раздел 1.</b> Математические модели реальных явлений. Принципы построения физических и математических моделей . . . . .</p> <p><b>Раздел 3.</b> Методы математического моделирования сопротивления, теплообмена и напряженно-деформируемого состояния трубопроводов и процессов их</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Презентация.</li> <li>2. Опрос.</li> <li>3. Защита практической работы.</li> <li>4. Тестирование.</li> <li>5. Контрольная работа.</li> <li>6. Защита лабораторной работы</li> </ol>

			<p>аварийного разрушения</p> <p><b>Раздел 4</b> Математические методы и модели гидрогазодинамики, теплообмена в технологиях снижения затрат на транспорт газов и жидкостей. Дифференциальные модели процессов переноса импульса, тепла и массы</p> <p><b>Раздел 5</b> Анализ причин и механизмов моделирования воспламенения и горения метано-пропано-водородо-воздушной смеси . . . . .</p>	
РД-3	<p>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.</p>	И.ОПК(У)-1.2	<p><b>Раздел 2</b> Методы математического моделирования сопротивления, теплообмена и напряженно-деформируемого состояния трубопроводов и процессов их аварийного разрушения .....</p> <p><b>Раздел 4</b> Математические методы и модели гидрогазодинамики, теплообмена в технологиях снижения затрат на транспорт газов и жидкостей. Дифференциальные модели процессов переноса импульса, тепла и массы</p> <p><b>Раздел 5</b> Анализ причин и механизмов моделирования воспламенения и горения метано-пропано-водородо-воздушной смеси</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Экспресс – опрос знаний фундаментальных определений положений проблемы</li> <li>2. Контрольная работа</li> <li>3. Подготовка <b>публикации и доклада</b> на конференцию</li> <li>4. Защита КП</li> </ol>
РД-4	<p>В рамках курсовой работы: 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 численного исследования для решения</p>	И.ОПК(У)-1.1 И.ОПК(У)-1.2 И.УК(У)-4.3	<p><b>Раздел 1</b> Математические модели реальных явлений. Принципы построения физических и математических моделей</p> <p><b>Раздел 2</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Экспресс – опрос знаний фундаментальных определений положений проблемы</li> <li>2. Контрольная работа</li> <li>3. Подготовка публикации и доклада на конференцию</li> <li>4. Защита Курсовой работы</li> </ol>

	<p>проблем моделирования</p>		<p>Методы математического моделирования сопротивления, теплообмена и напряженно-деформируемого состояния трубопроводов и процессов их аварийного разрушения</p> <p><b>Раздел 3</b> Методы математического моделирования сопротивления, теплообмена и напряженно-деформируемого состояния трубопроводов и процессов их аварийного разрушения</p> <p><b>Раздел 4</b> Математические методы и модели гидрогазодинамики, теплообмена в технологиях снижения затрат на транспорт газов и жидкостей. Дифференциальные модели процессов переноса импульса, тепла и массы</p> <p><b>Раздел 6</b> Подготовка курсовой работы</p>	
<p>РД5</p>	<p>Владеет современными методами исследования течений, процессов, явлений в сложных средах, внешних и ограниченных системах, имеет опыт построения решений задач о процессах в движущихся средах в ограниченных областях со стенками различного структурного состава и произвольными изменениями физических и механических свойств и реологических связей.</p>		<p><b>Раздел 1</b> Математические модели реальных явлений. Принципы построения физических и математических моделей</p> <p><b>Раздел 2</b> Методы математического моделирования сопротивления, теплообмена и напряженно-деформируемого состояния трубопроводов и процессов их аварийного разрушения</p> <p><b>Раздел 3</b> Методы математического моделирования сопротивления, теплообмена и напряженно-деформируемого состояния трубопроводов и процессов их аварийного разрушения</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Экспресс – опрос знаний фундаментальных определений положений проблемы</li> <li>2. Контрольная работа</li> <li>3. Подготовка публикации и доклада на конференцию</li> <li>4. Защита Курсовой работы</li> </ol>

			<p><b>Раздел 4</b> Математические методы и модели гидрогазодинамики, теплообмена в технологиях снижения затрат на транспорт газов и жидкостей. Дифференциальные модели процессов переноса импульса, тепла и массы</p>	
РД6	<p>Самостоятельно учится и непрерывно повышает свою квалификацию инженера- исследователя характеристик гомогенных и гетерогенных УВ сред, оказывающих влияние на работу НГ Оборудования, загрязнения и очистки данных устройств в течение всего периода обучения</p>		<p><b>Раздел 6</b> Подготовка курсовой работы</p> <p><b>Раздел 1</b> Математические модели реальных явлений. Принципы построения физических и математических моделей</p> <p><b>Раздел 2</b> Методы математического моделирования сопротивления, теплообмена и напряженно-деформируемого состояния трубопроводов и процессов их аварийного разрушения</p> <p><b>Раздел 3</b> Методы математического моделирования сопротивления, теплообмена и напряженно-деформируемого состояния трубопроводов и процессов их аварийного разрушения</p> <p><b>Раздел 4</b> Математические методы и модели гидрогазодинамики, теплообмена в технологиях снижения затрат на транспорт газов и жидкостей. Дифференциальные модели процессов переноса импульса, тепла и массы</p> <p><b>Раздел 6</b> Подготовка курсовой работы</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Экспресс – опрос знаний фундаментальных определений положений проблемы</li> <li>2. Контрольная работа</li> <li>3. Подготовка публикации и доклада на конференцию</li> <li>4. Защита Курсовой работы</li> </ol>

### 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
-----------------------	-------------------------------------

**Раздел (1. Математические модели реальных явлений. Принципы построения физических и математических моделей.**

**Раздел2. 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	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Понятие о постановке задач математической физики (начальные, начально-краевые, краевые задачи)</li> <li>2. Понятие о Задаче Коши (начальная задача) для уравнения теплопроводности, волнового уравнения</li> <li>3. Понятие о внутренних задачах (первая краевая задача Дирихле) для уравнения Лапласа (Пуассона)</li> <li>4. Понятие о внутренней задаче Неймана (третья краевая задача) для уравнения Лапласа (Пуассона)</li> <li>5. Понятие о корректно поставленных задачах математической физики</li> <li>6. Представление о некорректно поставленной задаче Коши (пример Адамара)</li> <li>7. Представление о методах решения линейных начально-краевых задач (редукции, Фурье, Дюамеля)</li> <li>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.</li> <li>9. Понятие о моделях течений вязкой жидкости и газа (ньютоновская, неньютоновская, сжимаемая, несжимаемая)</li> <li>10. Понятие о законах состояния сплошных сред</li> <li>11. Понятие о тепломассообмене и его механизмах переноса (вязкостном, конвективном, кондуктивном, сложном и сопряженным)</li> <li>12. Понятие о внешней и внутренней задачах гидро-, газо-, магнито-, электродинамики</li> <li>13. Понятие о подобии процессов переноса, определяющих и определяемых критериях и числах подобия решения задач НГО</li> <li>14. Физический смысл операторов и производных: div, DIV, rot, ROT, grad, GRAD, D/Dt, Δ, ∂/∂t</li> <li>15. О сути моделей исследований течений: типа пограничного слоя, параболизированных уравнений мат. физики, “узкого канала” в решении задач НГО</li> </ol>				
2.	<b>Опрос - собеседование</b> при сдаче индивидуальных заданий	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Понятие о точных решениях уравнений динамики вязкой жидкости (ламинарное стационарное течение во внутренних системах, вызываемое продольным градиентом давления, в поле гравитационных сил)</li> <li>2. Решения задач НГО о течениях с осевой симметрией, между вращающимися цилиндрами, с подвижной стенкой</li> <li>3. Решение Хоурта (нелинейное автомодельное решение) о растекании жидкости вблизи твердой поверхности.</li> <li>4. Обоснованность решений редуцированных уравнений динамики вязкой среды (линейная задача о течениях с малыми числами Рейнольдса)</li> <li>5. Понятие о приближении Озеена (при решении задач обтекания тела), Буссинеска (естественная коонвекция), Рейнольдса (сдвиговые потоки)</li> <li>6. Основные понятия численных методов: конечных разностей, прогонки, Ньютона-Рафсона, контрольного объема</li> <li>7. Явные и неявные схемы</li> </ol>				
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 $d/dt, \partial/\partial t, \text{div}, \text{grad}?$	1	Нестационарные процессы описываются слагаемые, включающее $d/dt, \partial/\partial t$	
					2	Пространственные конвективно-диффузионные эффекты- div, grad
					3	Скорость изменения массы индивидуальной компоненты за счет процессов химической природы

Оценочные мероприятия		Примеры типовых контрольных заданий			
<b>Раздел (1. Математические модели реальных явлений. Принципы построения физических и математических моделей.</b> <b>Раздел2. Методы математического моделирования процессов в задачах НГО (транспорта, хранения, добычи сырья, очистки бурового оборудования, разработки и эксплуатации месторождений).</b> <b>Дискретизация определяющих уравнений математических моделей и краевых условий</b>					
		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
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 ЛАМИНАРИЗУЮЩИХСЯ ТЕЧЕНИЙ С ПОЛИМЕРНЫМИ ДОБАВКАМИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ТРАНСПОРТИРОВКОЙ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ ПО ТРУБОПРОВОДАМ 5. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ, ПРОБЛЕМЫ И УСПЕХЫ 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 и его вопросы	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: $\operatorname{div} \vec{u}_1 = 0$ , где $\vec{u}_1 = \vec{u} - \frac{\lambda}{Pe} \operatorname{grad} T$ 2. Решение уравнения Лапласа с различными граничными условиями методом разделения переменных Фурье. 3. Решение неоднородного уравнения гиперболического или параболического типа			

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
<p align="center"><b>Раздел (1. Математические модели реальных явлений. Принципы построения физических и математических моделей.</b></p> <p><b>Раздел2. Методы математического моделирования процессов в задачах НГО (транспорта , хранения, добычи сырья, очистки бурового оборудования, разработки и эксплуатации месторождений).</b></p> <p align="center"><b>Дискретизация определяющих уравнений математических моделей и краевых условий</b></p>		
		<ol style="list-style-type: none"> <li>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</li> <li>5. В чем состоит закон Хагена-Пуазейля? В каких условиях этот закон реализуется?</li> <li>6. Ближе к какой из стенок кольцевого канала (бурильная колонна), внутренней или внешней, расположена поверхность нулевого потока количества движения?</li> <li>7. Какой физический смысл имеют 4 граничные условия, которые определяют решение Пуазейля об изменении поля скорости в трубопроводе (скважине) при ламинарном течении?</li> <li>8. Какова область применимости закона сопротивления Стокса?</li> <li>9. В чем взаимосвязь формул для течения УВ сред в тонких щелях и в кольцевом канале?</li> <li>10. Неньютоновское течение в трубах (вывести аналог уравнения Хагена-Пуазейля, применяя реологическую модель Оствальда-Вейля (степенной закон))</li> </ol>
6.	Коллоквиум и его вопросы	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отыскание ненулевого решения краевой задачи (задача Штурма-Лиувилля). Свойства собственных значений и собственных функций этой задачи.</li> <li>2. Уравнение колебаний струны. Решение уравнения свободных колебаний при условии жёсткого закрепления концов. Стоячие волны.</li> <li>4. Типы граничных условий для уравнения переноса (колебаний) и их физическое истолкование.</li> <li>5. Решение неоднородных уравнений с однородными граничными условиями.</li> <li>6. Алгоритм решения задач с неоднородными граничными условиями.</li> <li>7. Уравнение теплопроводности (принцип формулировки). Виды граничных условий для уравнения теплопроводности. Алгоритм решения уравнения теплопроводности тв. тела с однородными граничными условиями.</li> <li>9. Стационарное распределение тепла. Решение уравнения Лапласа в круге.</li> <li>10. Классификация граничных условий для уравнений Лапласа и Пуассона.</li> <li>11. Уравнения второго порядка в частных производных. Характеристики. Теорема о характеристиках.</li> <li>12. Классификация уравнений второго порядка в частных производных. Приведение к каноническому виду.</li> <li>13. 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)</li> <li>14. Понятие о диссипативной функции Рэлея (физический смысл), температуре торможения.</li> <li>15. Уравнение баланса энтропии (физический смысл механизмов переноса)</li> <li>16. Поток и источник энтропии и исследовании гомогенных неизотермических химически реагирующих смесей</li> <li>17. Поток обобщенного заряда. Уравнение переноса скалярной субстанции (Н.А. Умова)</li> <li>18. Аксиоматические связи в термодинамике необратимых процессов (уравнение Онзагера).</li> <li>19. Законы переноса и излучения (изотропная и анизотропная среда: Фурье, Фика, Соре, Дюфо, Планка, Рэлея-Джинса, Стефана-Больцмана)</li> <li>20. Подобие физических явлений. Параметры подобия тепловой, динамической и диффузионной задач.</li> <li>21. Электродинамические явления в жидкостях (понятие об уравнениях Максвелла)</li> </ol>

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
<p style="text-align: center;"><b>Раздел (1. Математические модели реальных явлений. Принципы построения физических и математических моделей.</b></p> <p><b>Раздел 2. Методы математического моделирования процессов в задачах НГО (транспорта, хранения, добычи сырья, очистки бурового оборудования, разработки и эксплуатации месторождений).</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Дискретизация определяющих уравнений математических моделей и краевых условий</b></p>		
		<p>22. Ламинарные и турбулентные течения (законы - Пуазейля, Прандтля-Кармана, Стокса, Блазиуса, Никурадзе, Альтштуля)</p> <p>23. Уравнения переноса локальных свойств турбулентных вихрей (двухпараметрические модели)</p> <p>24. Условия однозначности задач НГО (ГД, ТМО)</p> <p>25. Решения Блазиуса, Польгаузена (несжимаемое вязкое обтекание тонкой плоской стенки и теплообмен)</p>
7.	Реферат и его тематика:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Исследование комплексных виброакустических и гидродинамических процессов в прямолинейном и неоднородном трубопроводе в условиях его сильного возбуждения пульсациями течения вязкой жидкости</li> <li>2. Исследование гидродинамики и теплообмена в условиях установившихся режимов течения нефтепродуктов в трубопроводах</li> <li>3. Моделирование условий гидродинамической устойчивости (неустойчивости) течения вследствие структурной неустойчивости газожидкостных смесей в горизонтальных и вертикальных трубопроводах</li> <li>4. Гидродинамика и теплообмен при течении высоковязких углеводородных сред в трубопроводах с переменной по длине площадью поперечного сечения в условиях пуска/останова энергетического оборудования</li> <li>5. Исследование механизмов массопереноса, сепарации и фильтрации в дисперсных водонефтяных потоках в полях массовых инерционных и электромагнитных сил</li> <li>6. Комплексное моделирование и исследование реологических свойств многофазной жидкотекущей среды в замкнутых системах</li> <li>7. Закономерности гидродинамики при управлении течением двухфазных углеводородных сред в трубопроводах</li> </ol>
8.	Контрольная работа и ее вопросы:	<ol style="list-style-type: none"> <li>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</li> <li>2. Уравнение теплопроводности. Метод Фурье при решении однородного уравнения теплопроводности. Приложение к нефтепромысловым и транспортным задачам.</li> <li>3. Неоднородные уравнения теплопроводности / волновое и их приложение к задачам нефтепромысловой и транспортной механики.</li> <li>4. Метод разделения переменных для уравнения Лапласа в различных постановках задач (Дирихле, Неймана).</li> <li>5. Понятие об операторном методе решения линейных задач. Преобразование Лапласа. Простейшие свойства преобразования Лапласа.</li> </ol> <p>Дополнения к п.8: Контрольные работы проводятся на лекциях в течение 15 минут и при полном ответе студентов на поставленные вопросы, оценивается в 10 баллов (всего запланировано 4 контрольные работы).</p>
9.	Защита лабораторной работы и ее вопросы	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРЯМОГО ГЛАДКОГО ТРУБОПРОВОДА</b> 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.</li> <li>2. Исследование гидродинамики и локальных сопротивлений при течении жидкости по осесимметричному каналу целью — выяснения характера изменений сопротивления во входном участке трубопровода, секций с</li> </ol>

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
<p style="text-align: center;"><b>Раздел (1. Математические модели реальных явлений. Принципы построения физических и математических моделей.</b></p> <p><b>Раздел2. Методы математического моделирования процессов в задачах НГО (транспорта , хранения, добычи сырья, очистки бурового оборудования, разработки и эксплуатации месторождений).</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Дискретизация определяющих уравнений математических моделей и краевых условий</b></p>		
		<p>диафрагмами и отверстиями разного диаметра.</p> <p>Дополнения к п. 9: С деталями выполнения, подготовки и защиты лабораторных работ студенты знакомятся с материалом (лекций, практик, нормативно-технической документации и перечня вопросов для контроля (КР1 и КР2), приведенного на <i>сайте преподавателя</i> (раздел «Учебно-методический материал», подразделы «Методические указания», «НТД», «Лекции»), который доступен для студентов по ссылкам:  <a href="http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/n/FELIC/Material1">http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/n/FELIC/Material1</a>  <a href="http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/n/FELIC/Material2">http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/n/FELIC/Material2</a></p> <p>Вопросы в работах:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какова оценка эффективности методики расчета динамических и тепловых локальных и интегральных параметров течения и теплообмена в условиях развивающихся течений с имеющимися опытными данными;</li> <li>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.</li> <li>3. Представления об изменениях интегральных параметров течения и теплообмена в данных условиях и их критериальные связи для прогноза аварийных ситуаций в работе оборудования</li> </ol>
10.	Защита курсовой работы	<p>Тематика курсовых работ:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Моделирование движения тяжёлого газа в приземном слое атмосферы</li> <li>2. Математическое моделирование нестационарных газожидкосных потоков: модель газопроявления при бурении скважин</li> <li>3. Моделирование процесса сепарации: повышение степени извлечения конденсирующихся УВ из нефтяного газа.</li> <li>4. Процессы фильтрации жидкостей с применением современных технологий на основе свойств механической «стоячей волны»</li> <li>5. Современное состояние проблем и методов акустического воздействия на процессы добычи и транспорта нефти</li> <li>6. Влияние электромагнитного поля на гидродинамику и тепломассоперенос при течении смесей в трубах</li> <li>7. Моделирование процессов притока флюида к горизонтальной скважине</li> <li>8. Закономерности гидродинамики и тепломассопереноса при исследовании задач в природе и технике</li> <li>9. Моделирование процесса фильтрации с учетом нелинейного закона фильтрации в низкопроницаемых коллекторах</li> <li>10. Применение теории подобия в исследованиях процесса сепарации фаз при газификации сжиженного природного газа</li> </ol> <p>Вопросы к защите:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Представления о допущениях при математическом моделировании процессов переноса в объекте исследования</li> <li>2. Определяющие уравнения модели и физический смысл их слагаемых в описании процессов</li> <li>3. Постановка краевых условий задачи</li> <li>4. Замыкающие связи модели и их особенности в построении общего и частного решений</li> </ol>

Оценочные мероприятия		Примеры типовых контрольных заданий
<p align="center"><b>Раздел (1. Математические модели реальных явлений. Принципы построения физических и математических моделей.</b></p> <p><b>Раздел2. Методы математического моделирования процессов в задачах НГО (транспорта , хранения, добычи сырья, очистки бурового оборудования, разработки и эксплуатации месторождений).</b></p> <p align="center"><b>Дискретизация определяющих уравнений математических моделей и краевых условий</b></p>		
		<ol style="list-style-type: none"> <li>5. Метод решений, его достоверность</li> <li>6. Степень достоверности результатов</li> <li>7. Аппроксимация производных дифференциальной задачи и детали численного решения</li> <li>8. Обобщение результатов в критериальные связи для прогноза процессов методом теории подобия</li> <li>9. Внедрение результатов в практику прикладных исследований задач НГО</li> <li>10. Перспективы и проблемы решений задач</li> </ol>
11.	Экзамен	<p>Вопросы на экзамен:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Законы сохранения физических субстанций (массы). Дивергентная форма уравнения неразрывности.</li> <li>2. Математические модели сплошных сред (идеальная жидкость).</li> <li>3. Уравнения Рейнольдса для исследования сложных сдвиговых потоков в трубопроводах</li> <li>4. Понятие о динамическом пограничном слое. Уравнения Прандтля. Специальные методы расчета пристеночных течений вязких сред.</li> <li>5. Краевые задачи с нелинейностью первого и второго рода к расчету диффузионных процессов в твердых телах.</li> <li>6. Задача Штурма-Лиувилля (постановка задачи на собственные значения).</li> <li>7. Разложение функций в ряд Фурье.</li> <li>8. Уравнения эллиптического типа (Лапласа, Пуассона) в описании физических явлений</li> <li>9. Метод Фурье разделения переменных в решении задач математической физики.</li> <li>10. Формула Грина-Остроградского в описании процессов переноса.</li> <li>11. Методы дискретизации краевых задач математической физики</li> <li>12. Конечно-разностные аппроксимации дифференциальных уравнений</li> <li>13. Принцип максимума</li> <li>14. Конечно-разностные аппроксимации граничных условий</li> <li>15. Устойчивость конечно-разностных схем. Метод фон Неймана</li> <li>16. Методы решения сеточных уравнений (итерационные методы Якоби и Гаусса-Зейделя)</li> <li>17. Метод переменных направлений и нижней/верхней релаксации</li> <li>18. Явные и неявные схемы (уравнение теплопроводности). Метод Кранка-Николсона</li> <li>19. Метод прогонки.</li> <li>20. Численные методы решений уравнений Навье-Стокса: алгоритм SIMPLE (by S. Patankar).</li> </ol>

Оценочные мероприятия		Примеры типовых контрольных заданий
<p align="center"><b>Раздел 3. Методы математического моделирования сопротивления, теплообмена и напряженно-деформируемого состояния трубопроводов и процессов их аварийного разрушения</b></p> <p align="center"><b>Раздел 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</b></p>		
1.	Экспресс-опрос	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Понятие о принципе Онзагера.</li> <li>2. Уравнения гидродинамики и тепломассопереноса (законы связи потока и сил).</li> <li>3. Основное соотношение Онзагера. Дифференциальное уравнение переноса</li> </ol>

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
<b>Раздел 3. Методы математического моделирования сопротивления, теплообмена и напряженно-деформируемого состояния трубопроводов и процессов их аварийного разрушения</b>		
<b>Раздел 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</b>		
		<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Дифференциальные уравнения переноса однокомпонентной системы</li> <li>5. Понятие об аналитических методах решения дифференциальных уравнений (метод разделения переменных, метод мгновенных источников, применение функций Грина)</li> <li>6. Представление о численных методах решения систем дифференциальных уравнений ТМО (прогонки)</li> <li>7. Представление о механизмах процессов переноса скаляра</li> <li>8. Понятие о методе аналогий, критерии и числа подобия тепловой, диффузионной и гидродинамической задач</li> <li>9. Понятие о предельных режимах течения и тепломассообмена в задачах НГО</li> <li>10. Уравнения подобия для задач гидродинамики и тепломассопереноса (связи для тепловой, диффузионной и динамической задач)</li> <li>11. Понятие о ламинарном и турбулентном течении</li> <li>12. Понятие о методе Даламбера решения уравнений переноса скаляра</li> <li>13. Понятие об управлении процессами при варьировании определяющих критериев подобия задач ТМО в НГО</li> <li>14. Теорема Дюамеля в решении задач процессов переноса с переменными граничными условиями для температурного поля</li> <li>15. Понятие об уравнениях типа пограничного слоя Л. Прандтля</li> </ol>
2.	<b>Опрос - собеседование</b> при сдаче индивидуальных заданий	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Понятие о законе Ньютона – Рихмана. Дальтона в определении полных потоков тепла и массы от рабочего тела к поверхности устройства НГО</li> <li>2. Виды конвекции (смешанная, естественная, вынужденная) и определяющие критерий тепловых процессов</li> <li>3. Пояснить: является процесс тепло- и массообмена – простым или сложным – различия?</li> <li>4. Перечислить режимы течений и тепломассопереноса при краевых условиях 1 – 4 рода.</li> <li>5. Криволинейные координаты и их физический смысл. Коэффициенты Ляме. Уравнение неразрывности для несжимаемой жидкости.</li> <li>6. Решение тепловой и диффузионной задач для гидродинамически стабилизированного течения: Кейса-Кроуссольда, Джиллиаида-Шервуда.</li> <li>7. Понятие об изотропной несжимаемой неньютоновской жидкости, не проявляющей упругих свойств – модели Оствальда-Бингама, Рейнера-Филлипова</li> <li>8. Эффекты Вайссенберга, Томса, Дейча при переходных процессах при течении реологически сложных сред.</li> <li>9. Определение гидродинамического, температурного и диффузионного пограничных слоев, связи для толщин слоев.</li> <li>10. Потери на трение в автомодельных и пространственных процессах течения УВ сред.</li> <li>11. Уравнения Орра-Зоммерфельда.</li> <li>12. Теоремы Сквайра, Рэлея о кривизне профиля скорости и устойчивости потока.</li> <li>13. Понятие о массовых и поверхностных, внутренних и внешних силах.</li> <li>14. Понятие о Тензор напряжений и его свойства, и инварианты.</li> <li>15. Понятие об уравнениях Онзагера. Принципы взаимности, симметрии Кюри</li> <li>16. Понятие о Современные методы моделирования и расчета турбулентных потоков инертных и реагирующих</li> </ol>

Оценочные мероприятия		Примеры типовых контрольных заданий			
Раздел 3. Методы математического моделирования сопротивления, теплообмена и напряженно-деформируемого состояния трубопроводов и процессов их аварийного разрушения					
Раздел 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					
		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	характеристики практических процессов
		1	Обычно математическая модель процессов течения и тепломассообмена полностью отражает:	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?
		2		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 $\lambda / c_p$ .
		3	Что представляют собой члены уравнения диффузии массы индивидуальной компоненты $\rho u_j \frac{\partial c_i}{\partial x_j} - \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho D_i \frac{\partial c_i}{\partial x_j}) = -\rho \frac{\partial c_i}{\partial t} + R_i$	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 $q_i = -\lambda \frac{\partial T}{\partial x_i}, \quad h_3 = \int_{\tau}^T c_p dT$	1	определением;
				2	верным или неверным логическим выводом из определений;
3	выводом из опытных данных, имеющих высокую степень надежности;				

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий												
<b>Раздел 3. Методы математического моделирования сопротивления, теплообмена и напряженно-деформируемого состояния трубопроводов и процессов их аварийного разрушения</b>														
<b>Раздел 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</b>														
		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <math display="block">\sum R_j = 0,</math> <math display="block">\lambda = \sum c \lambda D_i, \quad \frac{dh_j}{dx} = c_j \frac{dT}{dx}</math> </div> <div style="width: 45%; border-left: 1px solid black; padding-left: 10px;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">4</td> <td>умеренную достоверность с независимой температурой;</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">5</td> <td>Эффективная вязкость турбулентного потока может быть связана с кинетической энергией турбулентности <math>k</math> и ее интегральным масштабом <math>L</math> соотношением:</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;"><math>\mu = k^{0.5} / L</math></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;"><math>\mu = \rho k L^5</math></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;"><math>\mu = \rho k^{0.5} L</math></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;"><math>\mu = k^{0.5} / L \rho</math></td> </tr> </table> </div> </div>	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	$\mu = \rho k L^5$	3	$\mu = \rho k^{0.5} L$	4	$\mu = k^{0.5} / L \rho$
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	$\mu = \rho k L^5$													
3	$\mu = \rho k^{0.5} L$													
4	$\mu = k^{0.5} / L \rho$													
4.	Презентация (выполняется как индивидуально, так и в парах)	<p>Темы презентаций:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ТЕЧЕНИЙ В ПОЛЯХ МАССОВЫХ СИЛ В ТРУБАХ И КАНАЛАХ С КРИВОЛИНЕЙНОЙ ГРАНИЦЕЙ</li> <li>2. ТУРБУЛЕНТНЫЙ ТЕПЛО- И МАССОБМЕН ПРИ ДВИЖЕНИИ ВЯЗКИХ СРЕД В ОБЛАСТЯХ РАЗЛИЧНОЙ КОНФИГУРАЦИИ СТЕНКИ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ</li> <li>3. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ И ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ДВИЖЕНИИ ВЯЗКИХ СРЕД НА УЧАСТКАХ ТРУБОПРОВОДА С СЕКЦИЯМИ Т- ОБРАЗНОЙ ФОРМЫ</li> <li>4. ОБРАЗОВАНИЕ АСФАЛЬТОСМОЛОПАРАФИНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ОБВОДНЕННОСТИ НЕФТИ</li> <li>5. ТИКСОТРОПНЫЕ СВОЙСТВА БУРОВЫХ РАСТВОРОВ</li> <li>6. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТУРБУЛЕНТНЫХ ТЕЧЕНИЙ СЛАБОЗАПЫЛЕННЫХ ДИСПЕРСНЫХ СРЕД ПРИ МАГИСТРАЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ ПРИРОДНОГО ГАЗА</li> <li>7. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СКРЕЩИВАЮЩИХ ЭФФЕКТОВ ТЕРМОДИФФУЗИИ И ДИЭЛЕКТРОФОРЕЗА ПРИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ОБЕЗВОЖИВАНИИ НЕФТИ</li> <li>8. МЕТОДОЛОГИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЖИМОВ ТЕЧЕНИЯ ДВУХФАЗНОГО ПОТОКА</li> <li>9. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ЗАКРУЧЕННОГО ПОТОКА ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩЕЙ ЖИДКОСТИ В ТРУБАХ И КАНАЛАХ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПОПЕРЕЧНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ</li> <li>10. АНАЛИЗ ПРОМЫШЛЕННОГО ОПЫТА ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕЧЕНИЙ ВЫСОКОВЯЗКОЙ СЫРОЙ</li> </ol>												

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
<b>Раздел 3. Методы математического моделирования сопротивления, теплообмена и напряженно-деформируемого состояния трубопроводов и процессов их аварийного разрушения</b>		
<b>Раздел 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</b>		
<b>НЕФТИ В ТРУБОПРОВОДАХ</b>		
5.	Семинар и его вопросы	<p>1 Рассматривается развивающееся ламинарное течение вязкой несжимаемой жидкости в трубах (каналах). Система уравнений, определяющих течение, имеет вид:</p> $\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (rv) = \epsilon \Delta u \quad (1)$  <p style="text-align: right;">(2)</p> <p>Здесь <math>\epsilon=1</math> – отвечает цилиндрической симметрии канала, <math>\epsilon=0</math> – случай плоского течения; <math>u, v</math> – осевая и радиальная компоненты вектора скорости в направлении оси <math>x, r</math> соответственно, <math>p</math> – давление.</p> <p>Задание.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Рассчитать распределение скорости для случая: <ul style="list-style-type: none"> <li>полностью развитого потока в цилиндрической трубе и плоском канале в предположении, что поле давления известно, теплофизические свойства постоянны.</li> </ul> </li> </ol> <p>Граничные условия к интегрированию системы (1), (2):</p> $x=0: u=U_0, v=0; \quad (3)$ $r=0: \frac{\partial u}{\partial r} = 0, v=0; \quad r=R: u=v=0. \quad (4)$ <ol style="list-style-type: none"> <li>По известной осевой скорости определить среднюю по сечению скорость, максимальную скорость; коэффициент трения</li> <li>Предположите, что одна из пластин плоского канала неподвижна, а другая движется со скоростью <math>U_0</math>. Рассчитать полностью развитый поток между пластинами для различных значений параметра <math>h \frac{\partial p}{\partial x} / (\mu U_0)</math>, где <math>h=2R</math> – расстояние между пластинами.</li> <li>Дать характеристику физического смысла слагаемых системы (1), (2). Установить особенности использования уравнений и тип системы уравнений движения.</li> <li>Указать проблемы расчета развивающихся течений в трубах и каналах в условиях ламинарного и турбулентного режимов течения</li> </ol> <p>II. Тема “Течение неньютоновских сред”</p> <p>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.</p> <p><i>Получить</i> соотношение между объемным расходом и силами давления и тяжести, совместно действующими</p>

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
<b>Раздел 3. Методы математического моделирования сопротивления, теплообмена и напряженно-деформируемого состояния трубопроводов и процессов их аварийного разрушения</b>		
<b>Раздел 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</b>		
		<p>на жидкость. Указания:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• используется модель вязкопластической жидкости Шведова-Бигмана;</li> <li>• в центральной части трубы существует область “поршневого режима течения”;</li> </ul> $\frac{1}{r} \frac{d}{dr} (r \tau_r) = \frac{d_1}{d}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• уравнение движения имеет вид</li> </ul> <p>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 <math>\tau_{r\theta}=0</math>, силу трения на стенках - .</p> <p>Указания: 1) воспользоваться уравнением баланса количества движения, записанного для тонкого слоя; 2) считаем для простоты, что среды - ньютоновские.</p> <p>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 смешения Прандтля, динамические уравнения движения Рейнольдса.</p>
6.	Коллоквиум и его вопросы	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отыскание ненулевого решения краевой задачи (задача Штурма-Лиувилля). Свойства собственных значений и собственных функций этой задачи.</li> <li>2. Уравнение колебаний струны. Решение уравнения свободных колебаний при условии</li> <li>3. жёсткого закрепления концов. Стоячие волны.</li> <li>4. Типы граничных условий для уравнения переноса (колебаний) и их физическое истолкование.</li> <li>5. Решение неоднородных уравнений с однородными граничными условиями.</li> <li>6. Алгоритм решения задач с неоднородными граничными условиями.</li> <li>7. Уравнение теплопроводности (принцип формулировки). Виды граничных условий для уравнения теплопроводности. Алгоритм решения уравнения теплопроводности тв. тела с</li> <li>8. однородными граничными условиями.</li> <li>9. Стационарное распределение тепла. Решение уравнения Лапласа в круге.</li> <li>10. Классификация граничных условий для уравнений Лапласа и Пуассона.</li> <li>11. Уравнения второго порядка в частных производных. Характеристики. Теорема о характеристиках.</li> <li>12. Классификация уравнений второго порядка в частных производных. Приведение к каноническому виду.</li> <li>13. Основные уравнения процессов переноса [неразрывности, количества движения (в напряжениях и</li> </ol>

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
<b>Раздел 3. Методы математического моделирования сопротивления, теплообмена и напряженно-деформируемого состояния трубопроводов и процессов их аварийного разрушения</b>		
<b>Раздел 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</b>		
		<p>естественных переменных, тип - Навье-Стокса, Эйлера), энергии (полной, внутренней, механической формы, тип - Фурье-Остроградского, Фурье-Кирхгофа), состояния (калорическая, термическая формы)]</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>14. Понятие о диссипативной функции Рэлея (физический смысл), температуре торможения.</li> <li>15. Уравнение баланса энтропии (физический смысл механизмов переноса)</li> <li>16. Поток и источник энтропии и исследовании гомогенных неизотермических химически реагирующих смесей</li> <li>17. Поток обобщенного заряда. Уравнение переноса скалярной субстанции (Н.А. Умова)</li> <li>18. Аксиоматические связи в термодинамике необратимых процессов (уравнение Онзагера).</li> <li>19. Законы переноса и излучения (изотропная и анизотропная среда: Фурье, Фика, Соре, Дюфо, Планка, Рэлея-Джинса, Стефана-Больцмана)</li> <li>20. Подобие физических явлений. Параметры подобия тепловой, динамической и диффузионной задач.</li> <li>21. Электродинамические явления в жидкостях (понятие об уравнениях Максвелла)</li> <li>22. Ламинарные и турбулентные течения (законы - Пуазейля, Прандтля-Кармана, Стокса, Блазиуса, Никурадзе, Альтштуля)</li> <li>23. Уравнения переноса локальных свойств турбулентных вихрей (двухпараметрические модели)</li> <li>24. Условия однозначности задач НГО (ГД, ТМО)</li> <li>25. Решения Блазиуса, Польгаузена (несжимаемое вязкое обтекание тонкой плоской стенки и теплообмен)</li> </ol>
7.	Реферат и его тематика:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Исследование комплексных виброакустических и гидродинамических процессов в прямолинейном и неоднородном трубопроводе в условиях его сильного возбуждения пульсациями течения вязкой жидкости</li> <li>2. Исследование гидродинамики и тепломассообмена в условиях установившихся режимов течения нефтепродуктов в трубопроводах</li> <li>3. Моделирование условий гидродинамической устойчивости (неустойчивости) течения вследствие структурной неустойчивости газожидкостных смесей в горизонтальных и вертикальных трубопроводах</li> <li>4. Гидродинамика и теплообмен при течении высоковязких углеводородных сред в трубопроводах с переменной по длине площадью поперечного сечения в условиях пуска/останова энергетического оборудования</li> <li>5. Исследование механизмов массопереноса, сепарации и фильтрации в дисперсных водонефтяных потоках в полях массовых инерционных и электромагнитных сил</li> <li>6. Комплексное моделирование и исследование реологических свойств многофазной жидкотекущей среды в замкнутых системах</li> <li>7. Закономерности гидродинамики при управлении течением двухфазных углеводородных сред в трубопроводах</li> </ol>
8.	Контрольная работа и ее вопросы:	<ol style="list-style-type: none"> <li>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</li> <li>2. Уравнение теплопроводности. Метод Фурье при решении однородного уравнения теплопроводности.</li> </ol>

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
<b>Раздел 3. Методы математического моделирования сопротивления, теплообмена и напряженно-деформируемого состояния трубопроводов и процессов их аварийного разрушения</b>		
<b>Раздел 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</b>		
		<p>Приложение к нефтепромышленным и транспортным задачам.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. Неоднородные уравнения теплопроводности / волновое и их приложение к задачам нефтепромышленной и транспортной механики.</li> <li>4. Метод разделения переменных для уравнения Лапласа в различных постановках задач (Дирихле, Неймана).</li> <li>5. Понятие об операторном методе решения линейных задач. Преобразование Лапласа. Простейшие свойства преобразования Лапласа.</li> </ol> <p>Дополнения к п.10: Контрольные работы проводятся на лекциях в течение 15 минут и при полном ответе студентов на поставленные вопросы, оценивается в 10 баллов (всего запланировано 4 контрольные работы).</p>
9.	Защита лабораторной работы и ее вопросы	<ol style="list-style-type: none"> <li>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.</li> <li>2. Исследование гидродинамики и локальных сопротивлений при течении жидкости по осесимметричному каналу целью — уяснения характера изменений сопротивления во входном участке трубопровода, секций с диафрагмами и отверстиями разного диаметра.</li> </ol> <p>Дополнения к п. 11: С деталями выполнения, подготовки и защиты лабораторных работ студенты знакомятся с материалом (лекций, практик, нормативно-технической документации и перечня вопросов для контроля (КР1 и КР2), приведенного на <i>сайте преподавателя</i> (раздел «Учебно-методический материал», подразделы «Методические указания», «НТД», «Лекции»), который доступен для студентов по ссылкам:  <a href="http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/n/FELIC/Material1">http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/n/FELIC/Material1</a>  <a href="http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/n/FELIC/Material2">http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/n/FELIC/Material2</a></p> <p>Вопросы в работах:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>5. Какова оценка эффективности методики расчета динамических и тепловых локальных и интегральных параметров течения и теплообмена в условиях развивающихся течений с имеющимися опытными данными;</li> <li>6. 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.</li> <li>7. Представления об изменениях интегральных параметров течения и теплообмена в данных условиях и их критериальные связи для прогноза аварийных ситуаций в работе оборудования</li> </ol>
10.	Защита курсовой работы	<p>Тематика курсовых работ:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Моделирование движения тяжёлого газа в приземном слое атмосферы</li> <li>2. Математическое моделирование нестационарных газожидкосных потоков: модель газопроявления при бурении скважин</li> <li>3. Моделирование процесса сепарации: повышение степени извлечения конденсирующихся УВ из нефтяного газа.</li> </ol>

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
<b>Раздел 3. Методы математического моделирования сопротивления, теплообмена и напряженно-деформируемого состояния трубопроводов и процессов их аварийного разрушения</b>		
<b>Раздел 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</b>		
		<ol style="list-style-type: none"> <li>4. ПРОЦЕССЫ ФИЛЬТРАЦИИ ЖИДКОСТЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ОСНОВЕ СВОЙСТВ МЕХАНИЧЕСКОЙ «СТОЯЧЕЙ ВОЛНЫ»</li> <li>5. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМ И МЕТОДОВ АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРОЦЕССЫ ДОБЫЧИ И ТРАНСПОРТА НЕФТИ</li> <li>6. ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ГИДРОДИНАМИКУ И ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОС ПРИ ТЕЧЕНИИ СМЕСЕЙ В ТРУБАХ</li> <li>7. МОДЕЛИРОВАНИЕ процессов ПРИТОКА флюида К ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СКВАЖИНЕ</li> <li>8. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ГИДРОДИНАМИКИ И ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЗАДАЧ В ПРИРОДЕ И ТЕХНИКЕ</li> <li>9. Моделирование процесса фильтрации с учетом нелинейного закона фильтрации в низкопроницаемых коллекторах</li> <li>10. ПРИМЕНЕНИЕ теории ПОДОБИЯ В исследованиях процесса СЕПАРАЦИИ ФАЗ ПРИ ГАЗИФИКАЦИИ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА</li> </ol> <p>Вопросы к защите:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Представления о допущениях при математическом моделировании процессов переноса в объекте исследования</li> <li>2. Определяющие уравнения модели и физический смысл их слагаемых в описании процессов</li> <li>3. Постановка краевых условий задачи</li> <li>4. Замыкающие связи модели и их особенности в построении общего и частного решений</li> <li>5. Метод решений, его достоверность</li> <li>6. Степень достоверности результатов</li> <li>7. Аппроксимация производных дифференциальной задачи и детали численного решения</li> <li>8. Обобщение результатов в критериальные связи для прогноза процессов методом теории подобия</li> <li>9. Внедрение результатов в практику прикладных исследований задач НГО</li> <li>10. Перспективы и проблемы решений задач</li> </ol>
11.	Экзамен	<p>Вопросы на экзамен:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Законы сохранения физических субстанций (массы). Дивергентная форма уравнения неразрывности.</li> <li>2. Математические модели сплошных сред (идеальная жидкость).</li> <li>3. Уравнения Рейнольдса для исследования сложных сдвиговых потоков в трубопроводах</li> <li>4. Понятие о динамическом пограничном слое. Уравнения Прандтля. Специальные методы расчета пристеночных течений вязких сред.</li> <li>5. Краевые задачи с нелинейностью первого и второго рода к расчету диффузионных процессов в твердых телах.</li> <li>6. Задача Штурма-Лиувилля (постановка задачи на собственные значения).</li> <li>7. Разложение функций в ряд Фурье.</li> <li>8. Уравнения эллиптического типа (Лапласа, Пуассона) в описании физических явлений</li> </ol>

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
<b>Раздел 3. Методы математического моделирования сопротивления, теплообмена и напряженно-деформируемого состояния трубопроводов и процессов их аварийного разрушения</b>		
<b>Раздел 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</b>		
		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

	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)
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
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», подразделы «НТД», «Лекции»), который доступен для студентов по ссылкам: <a href="http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/n/FELIC/Material3">http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/n/FELIC/Material3</a> <a href="http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/n/FELIC/Material4">http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/n/FELIC/Material4</a>
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.

	Оценочные мероприятия	Процедура проведения оценочного мероприятия и необходимые методические указания
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
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: <a href="http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/n/FELIC/Material1">http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/n/FELIC/Material1</a> <a href="http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/n/FELIC/Material2">http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/n/FELIC/Material2</a> <a href="http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/n/FELIC/Material3">http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/n/FELIC/Material3</a> <a href="http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/n/FELIC/Material4">http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/n/FELIC/Material4</a>
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 «Методические указания»), который доступен для студентов по ссылке: <a href="http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/n/FELIC/Material/Tab1">http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/n/FELIC/Material/Tab1</a> . Работа оценивается в 5 баллов
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: <a href="http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/n/FELIC/Material1">http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/n/FELIC/Material1</a> <a href="http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/n/FELIC/Material2">http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/n/FELIC/Material2</a> <a href="http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/n/FELIC/Material3">http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/n/FELIC/Material3</a> <a href="http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/n/FELIC/Material4">http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/n/FELIC/Material4</a> Данные оцениваются в 4 балла
9.	Защита лабораторной работы	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
10.	Защита курсовой работы	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

	Оценочные мероприятия	Процедура проведения оценочного мероприятия и необходимые методические указания
		<p>студенческой аудиторией (магистры направления ООП «Нефтегазовое дело»). Проблемы подготовки защиты детально обсуждаются с преподавателем, используются сведения при выполнении индивидуальных заданий по дисциплине, представленные на сайте преподавателя (раздел «Учебно-методический материал», подраздел «Методические указания»), который доступен для студентов по ссылке: <a href="http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/n/FELIC/Material/Tab1">http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/n/FELIC/Material/Tab1</a></p> <p>При полном ответе защита оценивается в 20 баллов.</p>
11.	Экзамен	<p>В результате изучения дисциплины студенты должны овладеть <b>СООТВЕТСТВУЮЩИМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ И ЗНАНИЯМИ</b> 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 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 ответ 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.</p>