

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Утверждаю:
Зав. кафедрой НГОТ  С.Г.Валухов
«23» сентября 2025 г.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

«Математическое моделирование процессов транспортирования нефти и газа»

Специальность: 21.05.06 Нефтегазовая техника и технологии
код и наименование направления

Специализация: Машины и оборудование для транспортировки, переработки и хранения углеводородов

Квалификация выпускника: горный инженер (специалист)
наименование специальности/профиля

Форма обучения: очная

Срок освоения образовательной программы 5 лет и 6 м.

Год начала подготовки: 2026

Разработчик



Е.М. Оболонская

Воронеж – 2025

Процесс изучения дисциплины «Математическое моделирование процессов транспортирования нефти и газа» направлен на формирование следующих компетенций:

УК-1 - Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий

ПК-13 - Способен организовывать и координировать работу по развитию рационализаторских предложений и изобретательской деятельности

Перечень планируемых результатов обучения и показателей оценивания сформированности компетенций на этапе промежуточной аттестации

№ п/п	Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Тип ОМ	Показатели оценивания
1	УК-1	Знать: – основы системного подхода к постановке вычислительного эксперимента; – методы верификации и валидации математических моделей; – критерии оценки достоверности результатов CFD-моделирования.	Вопросы (тест) к зачету/ экзамену	Полнота знаний
		Уметь: – проводить критический анализ результатов моделирования для выявления проблемных зон трубопроводной системы; – оценивать адекватность математической модели (выбор моделей турбулентности, граничных условий) решаемой технологической задачи; – разрабатывать стратегию действий по оптимизации режимов работы или конструкции на основе анализа данных CFD.	Стандартные задания	Наличие умений
		Владеть: – навыками системного анализа при моделировании процессов транспортирования; – методами верификации расчетов	Прикладные задания	Наличие навыков
2	ПК-13	Знать: – основы патентного права и интеллектуальной собственности в области транспортировки углеводородов; – принципы оптимизации гидравлических систем с использованием CFD-моделирования.	Вопросы (тест) к зачету/ экзамену	Полнота знаний
		Уметь: – работать со специальными программными продуктами; – проводить патентный поиск в области транспорта углеводородов	Стандартные задания	Наличие умений
		Владеть: навыками работы по развитию рационализаторства в области энергопотребления на объектах транспортировки нефти и газа	Прикладные задания	Наличие навыков

ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, КРИТЕРИЕВ И ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ НА ЭТАПЕ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Показатели оценивания компетенций	Шкала и критерии оценки уровня сформированности компетенции			
	Неудовлетворительный	Минимально допустимый (пороговый)	Средний	Высокий
Полнота знаний	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки ¹	Минимально допустимый уровень знаний. Допущены не грубые ошибки.	Уровень знаний в объёме, соответствующем программе подготовки. Допущены некоторые погрешности.	Уровень знаний в объёме, соответствующем программе подготовки
Наличие умений	При выполнении стандартных заданий не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продемонстрированы основные умения. Выполнены типовые задания с не грубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объёме (отсутствуют пояснения, неполные выводы)	Продемонстрированы все основные умения. Выполнены все основные задания с некоторыми погрешностями. Выполнены все задания в полном объёме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Выполнены все основные и дополнительные задания без ошибок и погрешностей. Задания выполнены в полном объёме без недочетов.
Наличие навыков (владение опытом)	При выполнении стандартных заданий не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для выполнения стандартных заданий с некоторыми недочетами.	Продемонстрированы базовые навыки при выполнении стандартных заданий с некоторыми недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Выполнены все основные и дополнительные задания без ошибок и погрешностей. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
Характеристика сформированности компетенции	Компетенция в полной мере не сформирована. Имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач. Требуется повторное обучение.	Сформированность компетенции соответствует минимальным требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач, но требуется дополнительная практика по большинству профессиональных задач.	Сформированность компетенций в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в целом достаточно для решения стандартных профессиональных задач.	Сформированность компетенции полностью соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в полной мере достаточно для решения сложных профессиональных задач.

¹ Критерии могут быть уточнены в соответствии со спецификой дисциплины

ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Вопросы (тестовые задания) для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенций

УК-1 - Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	
1	Системный подход к постановке вычислительного эксперимента включает: а) только построение геометрической модели б) цель → модель → результат → решение в) только анализ результатов г) выбор цвета интерфейса ANSYS
2	Модель турбулентности k-omega SST рекомендуется использовать для: а) расчета ламинарных течений б) моделирования отрывных течений и пристеночных областей в) только для несжимаемых жидкостей г) исключительно для газовых потоков
3	Метод конечных объемов основан на: а) интегрировании уравнений по контрольным объемам б) аппроксимации производных разностями в) спектральном разложении функций г) вариационном принципе
4	Валидация математической модели - это: а) проверка соответствия экспериментальным данным б) проверка правильности численного решения в) выбор размера сетки г) настройка граничных условий
5	Верификация математической модели - это процесс: а) проверки соответствия модели экспериментальным данным б) оценки правильности численного решения уравнений модели в) определения оптимальных параметров сетки г) выбора цветовой схемы визуализации
6	Основная цель верификации в CFD -моделировании: а) убедиться в отсутствии ошибок программирования и корректности дискретизации б) подобрать красивые цвета для графиков в) определить стоимость расчетов г) выбрать материал трубопровода
7	Для моделирования теплообмена в трубопроводе необходимо: а) только уравнение неразрывности б) уравнения Навье-Стокса и энергии в) только уравнение состояния г) исключительно граничные условия
8	При моделировании нестационарных процессов важно учитывать: а) только начальные условия

	<p>б) только граничные условия в) начальные и граничные условия г) только свойства материала</p>
9	<p>Основной критерий оптимизации гидравлических систем: а) минимальная стоимость конструкции б) минимальные гидравлические потери в) максимальная сложность модели г) минимальное время расчета</p>
10	<p>Параметрическая оптимизация в ANSYS позволяет: а) автоматически варьировать геометрические параметры б) изменять только цвет интерфейса в) выбирать язык программирования г) настраивать только граничные условия</p>
<p>ПК-13 - Способен организовывать и координировать работу по развитию рационализаторских предложений и изобретательской деятельности</p>	
1	<p>Рационализаторское предложение должно содержать: а) только описание конструкции б) техническое решение и доказательство его эффективности в) только экономические расчеты г) исключительно патентную формулу</p>
2	<p>Патентный поиск проводится для: а) определения новизны технического решения б) выбора поставщиков оборудования в) расчета себестоимости продукции г) определения цвета оформления .</p>
3	<p>Основной целью проведения анализа чувствительности математической модели при подготовке рационализаторского предложения является: а) Ускорение вычислений. б) Определение степени влияния исходных данных на конечный результат и оценка рисков. в) Упрощение модели. г) Проверка устойчивости численного метода.</p>
4	<p>Рационализаторское предложение по выбору оптимальной толщины теплоизоляции трубопровода основано на решении задачи параметрической оптимизации. Кем должна быть сформулирована целевая функция? а) Только математиками. б) Только экономистами, исходя из стоимости материалов. в) Совместно технологами (учитывая тепловые потери) и экономистами (учитывая стоимость изоляции и энергоресурсов). г) Руководителем проекта, исходя из личного опыта.</p>
5	<p>При подготовке рацпредложения по снижению энергозатрат необходимо выбрать метод аппроксимации для прогнозирования потребления электроэнергии. Критерием выбора метода является: а) Минимальное количество исходных данных.</p>

	<p>б) Минимальная вычислительная сложность алгоритма.</p> <p>в) Наилучшее соответствие экспериментальным данным (например, минимум суммы квадратов отклонений).</p> <p>г) Наиболее красивое графическое представление результата.</p>
6	<p>Экономический эффект рацпредложения рассчитывается как:</p> <p>а) Суммарная экономия за год минус затраты на внедрение</p> <p>б) Только стоимость материалов</p> <p>в) Время разработки модели</p> <p>г) Количество итераций расчета.</p>
7	<p>Какой из перечисленных критериев является определяющим для положительной оценки рационализаторского предложения комиссией?</p> <p>а) Сложность использованного математического аппарата.</p> <p>б) Новизна и положительный эффект (экономический, технологический, экологический).</p> <p>в) Красота графического оформления документации.</p> <p>г) Личные связи автора с членами комиссии.</p>
8	<p>При оформлении заявки на рационализаторское предложение обязательным разделом является:</p> <p>а) Биография автора.</p> <p>б) Описание сущности предложения, его технико-экономическое обоснование и расчет эффекта.</p> <p>в) Мнение вышестоящего руководства.</p> <p>г) Перечень всего оборудования на объекте.</p>
9	<p>На первом этапе организации работы над рационализаторским предложением по оптимизации режима работы трубопровода необходимо:</p> <p>а) Немедленно провести дорогостоящие испытания на реальном объекте.</p> <p>б) Выдать готовое решение подчиненным для реализации.</p> <p>в) Провести патентный поиск и системный анализ объекта для выявления узких мест и существующих решений.</p> <p>г) Составить финансовый отчет о предполагаемой экономии.</p>
10	<p>Приоритетным источником для выявления направлений рационализаторской деятельности на объекте транспорта нефти является:</p> <p>а) Изучение годовых отчетов компании.</p> <p>б) Системный анализ технологического процесса, выявление узких мест и проблем, ведущих к сверхнормативным затратам или рискам.</p> <p>в) Опрос мнения линейного персонала.</p> <p>г) Копирование решений, применяемых на других предприятиях.</p>
11	<p>Какая организационная ошибка была допущена, если при оптимизации работы компрессорной станции методом деформируемого многогранника (Нелдера-Мида) расчет занял недопустимо много времени?</p> <p>а) Не был правильно задан критерий останова (точность расчета).</p> <p>б) Не был проведен патентный поиск.</p> <p>в) Не были изучены геометрические характеристики трубопровода.</p>

г) Не было назначено ответственное лицо за проведение эксперимента.

**Практические задания для оценки результатов обучения,
характеризующих сформированность компетенций**

УК-1 - Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	
1	Для моделирования течения в прямом трубопроводе с высокой точностью предсказания пристеночных эффектов рекомендуется использовать: а) Модель k-epsilon б) Модель k-omega SST в) Модель ламинарного течения г) Модель идеальной жидкости
2	Для верификации модели трубопровода необходимо провести расчет: а) На трех последовательно сгущающихся сетках б) Только на одной сетке в) Без учета граничных условий г) Исключительно на тетраэдральных элементах
3	Основной целью оптимизации гидравлической системы трубопровода является: а) Снижение гидравлических потерь давления б) Увеличение сложности геометрии в) Увеличение времени расчета г) Упрощение модели турбулентности
4	Для моделирования входного участка трубопровода с известным расходом следует задать: а) Velocity Inlet б) Pressure Outlet в) Symmetry г) Wall
5	Параметр Pressure в расчетах трубопровода характеризует: а) Давление б) Температуру в) Изменение скорости течения г) Вязкость жидкости
6	Для моделирования теплообмена между нефтью и окружающей средой необходимо: а) Активировать энергетическое уравнение б) Использовать только уравнение неразрывности в) Отключить граничные условия г) Использовать модель идеального газа
7	Метод конечных объемов в ANSYS Fluent основан на: а) Интегрировании уравнений по контрольным объемам б) Аппроксимации производных разностями в) Минимизации функционала энергии

	г) Сплайновой интерполяции
8	Критерием сходимости нестационарного расчета может служить: а) Стабилизация невязок и мониторинговых точек б) Изменение цвета графиков в) Увеличение времени расчета г) Уменьшение размера сетки
9	При моделировании изгиба трубопровода обнаружено зона повышенных турбулентных пульсаций. Ваши действия: а) Увеличить радиус изгиба и провести повторный расчет б) Увеличить скорость течения в) Увеличить шероховатость стенки г) Игнорировать результат
10	При моделировании гидроудара в трубопроводе максимальное давление превысило допустимое. Какой параметр нужно изменить в первую очередь? а) Увеличить время закрытия задвижки б) Увеличить диаметр трубопровода в) Увеличить скорость течения г) Уменьшить толщину стенки трубы
11	Основное отличие моделирования транспорта нефти от транспорта газа: а) Учет сжимаемости и уравнения состояния б) Только вязкость жидкости в) Цвет интерфейса ANSYS г) Время расчета
ПК-13 - Способен организовывать и координировать работу по развитию рационализаторских предложений и изобретательской деятельности	
1	Патентный поиск при разработке рационализаторского предложения позволяет: а) Установить новизну технического решения б) Определить стоимость оборудования в) Рассчитать гидравлические потери
2	Подготовка рацпредложения по выбору оптимального диаметра трубопровода. Какой критерий будет основным? а) Минимальные капитальные затраты б) Минимальные эксплуатационные расходы в) Срок окупаемости проекта г) Комплексный технико-экономический показатель
3	При моделировании обнаружилось, что в некоторых режимах возникает кавитация. Ваши действия: а) Изменить конструкцию для повышения противокавитационных свойств б) Увеличить скорость течения в) Уменьшить давление на входе г) Игнорировать явление кавитации
4	После успешного <i>CFD</i> -моделирования оптимизированной конструкции задвижки необходимо:

	<p>а) Провести патентный поиск и оформить заявку на изобретение</p> <p>б) Немедленно запустить в производство</p> <p>в) Сохранить результаты в архиве</p> <p>г) Передать конкурентам</p>
5	<p>Разработано рацпредложение по оптимизации работы центробежного нагнетателя. Обязательные разделы в обосновании:</p> <p>а) Только технические характеристики</p> <p>б) Сущность предложения, технико-экономическое обоснование, расчет эффекта</p> <p>в) Биографии авторов</p> <p>г) Мнение вышестоящего руководства</p>
6	<p>При расхождении CFD-расчета с экспериментальными данными на 20% первоочередные действия:</p> <p>а) Анализ погрешностей модели, сетки и граничных условий</p> <p>б) Корректировка экспериментальных данных</p> <p>в) Увеличение времени расчета</p> <p>г) Изменение цветов графиков</p>
7	<p>После модернизации участка трубопровода фактический перепад давления отличается от расчетного на 15%. Ваши действия:</p> <p>а) Провести верификацию модели на основе экспериментальных данных</p> <p>б) Увеличить расчетный перепад давления</p> <p>в) Изменить свойства транспортируемой среды</p> <p>г) Прекратить дальнейший анализ</p>
8	<p>При подготовке рацпредложения по снижению кавитации в насосе на основе CFD-анализа необходимо:</p> <p>а) Только визуализировать зоны кавитации</p> <p>б) Провести верификацию модели, количественно оценить снижение кавитации, рассчитать увеличение ресурса оборудования</p> <p>в) Увеличить давление на входе в модель</p> <p>г) Заменить материал рабочего колеса</p>
9	<p>Для верификации CFD-модели турбулентного течения в трубопроводе необходимо:</p> <p>а) Сравнить с экспериментальными данными для этого же трубопровода</p> <p>б) Проверить сходимость решения при сгущении сетки и сравнить с аналитическим решением для канала</p> <p>в) Увеличить число итераций</p> <p>г) Изменить модель турбулентности</p>
10	<p>Для выбора оптимальной стратегии модернизации трубопровода необходимо:</p> <p>а) Комплексный анализ технических, экономических и экологических факторов</p> <p>б) Только гидравлический расчет</p> <p>в) Мнение большинства сотрудников</p> <p>г) Стоимость программного обеспечения</p>

