

Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения высшего образования  
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Технология и оборудование химических, нефтегазовых и пищевых  
производств»

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

Б.1.3.7.1 «Математическое моделирование и оптимизация  
тепло- и массообменных процессов и установок»  
направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»

Профиль «Эксплуатация и обслуживание технологических объектов  
нефтегазового производства»

форма обучения – очно-заочная

курс – 4

семестр – 9

зачетных единиц – 4

всего часов – 144

в том числе:

лекции – 10

практические занятия – 16

лабораторные занятия – нет

самостоятельная работа – 118

зачет – нет

экзамен – 9 семестр

РГР – нет

курсовая работа – нет

курсовой проект – нет

Рабочая программа обсуждена на заседании  
кафедры ТОХП

20.06.2022 года, протокол №10

Зав. кафедрой Левкина Н.Л.Левкина

Рабочая программа утверждена

на заседании УМКН направления НФГД

27.06.2022 года, протокол №5

Председатель УМКН Левкина Н.Л.Левкина

Саратов 2022

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цель преподавания дисциплины: подготовка бакалавров для производственной, проектно-конструкторской и исследовательской деятельности в области создания и эксплуатации технологического оборудования нефтегазовых производств.

Задачи изучения дисциплины:

- ознакомление студентов со способами и приемами моделирования для решения практических задач проектирования и совершенствования тепло- и массообменных аппаратов нефтегазовых производств;
- ознакомление студентов с методами оптимизации технологических процессов и аппаратов;
- обучение студентов составлению математических моделей тепло- и массообменных процессов и аппаратов для решения задач проектирования, оптимизации и управления.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

«Математическое моделирование и оптимизация тепло- и массообменных процессов и установок» входит в перечень дисциплин по выбору студента (Б.1.3) основной образовательной программы бакалавриата по направлению 21.03.01 «Нефтегазовое дело».

Дисциплина базируется на предварительном изучении следующих курсов: Б.1.1.5 Математика, Б.1.1.6 Физика, 1.1.9 Информатика, Б.1.2.5 Механика жидкости и газа, 1.2.7 Гидравлика и нефтегазовая гидромеханика, 1.2.11 Теплотехника. Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: знание основных законов физики и математики, умения строить модели и решать конкретные задачи определенной степени сложности, владение системой знаний, формирующей физическую картину в области создания и эксплуатации технологического оборудования нефтегазовых производств. Знания, умения и навыки, полученные студентами в процессе изучения дисциплины, являются базой для изучения дисциплин: Б.1.2.14 Оборудование химических и нефтегазовых производств, Б.1.3.9.1 Ремонт и монтаж оборудования, Б.1.3.9.2 Надежность нефтегазового оборудования.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

– способность решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания (ОПК-1);

– способность решать задачи в области профессиональной деятельности с применением современных информационных технологий и прикладных программно-аппаратных средств (ОПК-5);

– способность внедрять новую технику и передовые технологии (ПК-1).

Студент должен знать:

- принципиальные особенности моделирования математических, физических и химических процессов, предназначенные для конкретных технологических процессов (ОПК-1);

- состав и свойства нефти и газа, основные положения метрологии, стандартизации, сертификации нефтегазового производства (ОПК-5);

- методы оценки эффективности внедрения новой техники и технологии, организации труда, рационализаторских предложений и изобретений, а также требования федеральных, локальных нормативных актов, инструкций, правил по промышленной и пожарной безопасности, охране труда (ПК-1).

Студент должен уметь:

- применять для решения задач профессиональной деятельности символьные модели с использованием алгебры, геометрии, математического анализа, теории вероятностей и математической статистики (ОПК-1);

- применять для решения задач профессиональной деятельности феноменологические модели, используя знания статики, кинематики, динамики и аналитической механики (ОПК-1);

- применять для решения задач профессиональной деятельности знания основ проекционного и машиностроительного черчения, использует графические редакторы 2-D и 3-D моделирования с учетом требований ЕСКД (ОПК-1);

- использовать по назначению пакеты компьютерных программ (ОПК-5);

- использовать компьютер для решения несложных инженерных расчетов (ОПК-5);

- осознанно воспринимать информацию, самостоятельно искать, извлекать, систематизировать, анализировать и отбирать необходимую для решения задач информацию, организовывать, преобразовывать, сохранять и передавать ее (ОПК-5);

- разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, технические задания на проектно-конструкторские работы, разбираться в нормативно-технической документации, читать чертежи, схемы и прочие нормативные документы (ПК-1);

- проводить технико-экономическую оценку планируемых мероприятий по внедрению нового оборудования и организовывать проведение монтажа нового оборудования на технологических объектах (ПК-1).

Студент должен владеть:

- методами проекционного и машиностроительного черчения, использует графические редакторы 2-D и 3-D моделирования с учетом требований ЕСКД (ОПК-1);

- основными технологиями поиска, разведки и организации нефтегазового производства в России и за рубежом, использует стандарты и ТУ, источники получения информации, массмедийные и мультимедийные технологии (ОПК-5);

- навыками по обеспечению выполнения работ, связанных с перевооружением, капитальным ремонтом и модернизацией технологических объектов, проведению монтажа нового оборудования на технологических объектах (ПК-1);

- навыками по подготовке предложения в планы внедрения новой техники и оборудования, в планы реконструкций производственных объектов (ПК-1).

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Код и наименование компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции (составляющей компетенции)
ОПК-1. Способен решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания.	<p>ИД-1<sub>ОПК-1</sub> Применяет для решения задач профессиональной деятельности символьные модели с использованием алгебры, геометрии, математического анализа, теории вероятностей и математической статистики.</p> <p>ИД-2<sub>ОПК-1</sub> Применяет для решения задач профессиональной деятельности феноменологические модели, используя знания статики, кинематики, динамики и аналитической механики.</p> <p>ИД-3<sub>ОПК-1</sub> Применяет для решения задач профессиональной деятельности знания основ проекционного и машиностроительного черчения, использует графические редакторы 2-D и 3-D моделирования с учетом требований ЕСКД.</p>

	ИД-4 <sub>ОПК-1</sub> Знает принципиальные особенности моделирования математических, физических и химических процессов, предназначенные для конкретных технологических процессов.
ОПК-5. Способен решать задачи в области профессиональной деятельности с применением современных информационных технологий и прикладных программно-аппаратных средств.	<p>ИД-1<sub>ОПК-5</sub> Использует по назначению пакеты компьютерных программ.</p> <p>ИД-2<sub>ОПК-5</sub> Использует компьютер для решения несложных инженерных расчетов.</p> <p>ИД-3<sub>ОПК-5</sub> Владеет основными технологиями поиска, разведки и организации нефтегазового производства в России и за рубежом, использует стандарты и ТУ, источники получения информации, массмедийные и мультимедийные технологии.</p> <p>ИД-4<sub>ОПК-5</sub> Использует знания о составах и свойствах нефти и газа, основные положения метрологии, стандартизации, сертификации нефтегазового производства.</p> <p>ИД-5<sub>ОПК-5</sub> Умеет осознанно воспринимать информацию, самостоятельно искать, извлекать, систематизировать, анализировать и отбирать необходимую для решения задач информацию, организовывать, преобразовывать, сохранять и передавать ее.</p>
ПК-1 Способен внедрять новую технику и передовые технологии.	<p>ИД-1<sub>ПК-1</sub> Знает методы оценки эффективности внедрения новой техники и технологии, организации труда, рационализаторских предложений и изобретений, а также требования федеральных, локальных нормативных актов, инструкций, правил по промышленной и пожарной безопасности, охране труда.</p> <p>ИД-2<sub>ПК-1</sub> Способен разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, технические задания на проектно-конструкторские работы, разбираться в нормативно-технической документации, читать чертежи, схемы и прочие нормативные документы.</p> <p>ИД-3<sub>ПК-1</sub> Способен проводить технико-экономическую оценку планируемых мероприятий по внедрению нового оборудования и организовывать проведение монтажа нового оборудования на технологических объектах.</p> <p>ИД-4<sub>ПК-1</sub> Обладает знаниями по обеспечению выполнения работ, связанных с перевооружением, капитальным ремонтом и модернизацией технологических объектов, проведению монтажа нового оборудования на технологических объектах.</p> <p>ИД-5<sub>ПК-1</sub> Обладает знаниями по подготовке предложения в планы внедрения новой техники и оборудования, в планы реконструкций производственных объектов.</p>

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ИД-1 <sub>ОПК-1</sub> Применяет для решения задач профессиональной деятельности символные модели с использованием алгебры, геометрии, математического анализа, теории вероятностей и математической статистики.	Знает основы математического анализа и умеет пользоваться символными моделями для решения конкретных задач в нефтегазовой отрасли.
ИД-2 <sub>ОПК-1</sub> Применяет для решения задач профессиональной деятельности феноменологические модели, используя знания статики, кинематики, динамики и аналитической механики.	Знает основы статики, кинематики, динамики, аналитической механики и может использовать феноменологические модели для решения конкретных задач в нефтегазовой отрасли.
ИД-3 <sub>ОПК-1</sub> Применяет для решения задач профессиональной деятельности знания основ проекционного и машиностроительного черчения, использует графические редакторы 2-D и 3-D моделирования с учетом требований ЕСКД.	Знает основы проекционного и машиностроительного черчения, применяет графические редакторы 2-D и 3-D моделирования для решения конкретных задач в нефтегазовой отрасли.
ИД-4 <sub>ОПК-1</sub> Знает принципиальные особенности моделирования математических, физических и химических процессов, предназначенные для конкретных технологических процессов.	Применяет особенности моделирования для технологических процессов нефтегазовых производств.
ИД-1 <sub>ОПК-5</sub> Использует по назначению пакеты компьютерных программ.	Умеет пользоваться пакетами компьютерных программ.
ИД-2 <sub>ОПК-5</sub> Использует компьютер для решения несложных инженерных расчетов.	Умеет пользоваться компьютером для выполнения инженерных расчетов.
ИД-3 <sub>ОПК-5</sub> Владеет основными технологиями поиска, разведки и организации нефтегазового производства в России и за рубежом, использует стандарты и ТУ, источники получения информации, массмедийные и мультимедийные технологии.	Знает и применяет основные технологии поиска, разведки и организации нефтегазового производства; умеет использовать стандарты и ТУ, источники получения информации, массмедийные и мультимедийные технологии при разработке моделей и оптимизации.
ИД-4 <sub>ОПК-5</sub> Использует знания о составах и свойствах нефти и газа, основные положения метрологии, стандартизации, сертификации нефтегазового производства.	Умеет определять свойства нефти и газа с учетом их состава, проводить соответствующие измерения; знает основы метрологии, стандартизации, сертификации.
ИД-5 <sub>ОПК-5</sub> Умеет осознанно воспринимать информацию, самостоятельно искать, извлекать, систематизировать, анализировать и отбирать необходимую для решения задач информацию, организовывать, преобразовывать, сохранять и передавать ее.	Использует различные способы получения информации, умеет систематизировать и анализировать полученную информацию, сохранять и передавать ее.
ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Знает методы оценки эффективности внедрения новой техники и технологии, организации труда, рационализаторских предложений и	Использует методы оценки эффективности внедрения новой техники и технологии в нефтегазовой отрасли, умеет работать с нормативно-технической документацией в

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
изобретений, а также требования федеральных, локальных нормативных актов, инструкций, правил по промышленной и пожарной безопасности, охране труда.	области организации и охраны труда, а также промышленной и пожарной безопасности нефтегазовых производств.
ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Способен разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, технические задания на проектно-конструкторские работы, разбираться в нормативно-технической документации, читать чертежи, схемы и прочие нормативные документы.	Разбирается в нормативно-технической документации, успешно применяет ее в области моделирования и оптимизации процессов и установок нефтегазовых производств, принимает участие в разработке проектных и рабочих документов.
ИД-3 <sub>ПК-1</sub> Способен проводить технико-экономическую оценку планируемых мероприятий по внедрению нового оборудования и организовывать проведение монтажа нового оборудования на технологических объектах.	Дает технико-экономическую оценку планируемых мероприятий по внедрению нового оборудования.
ИД-4 <sub>ПК-1</sub> Обладает знаниями по обеспечению выполнения работ, связанных с перевооружением, капитальным ремонтом и модернизацией технологических объектов, проведению монтажа нового оборудования на технологических объектах.	Знает передовые методы ремонта и монтажа оборудования, способы его модернизации, и реконструкции технологических объектов, применяет методы моделирования и оптимизации технических устройств.
ИД-5 <sub>ПК-1</sub> Обладает знаниями по подготовке предложения в планы внедрения новой техники и оборудования, в планы реконструкций производственных объектов.	Способен вносить предложения при внедрении новых технологий и оборудования или оптимизации технических систем при реконструкций производственных объектов.

#### 4. Распределение трудоемкости дисциплины по темам и видам занятий

№ мод.	№ нед.	№ темы	Наименование темы	Часы/ Из них в интерактивной форме					
				Всего	Лек-ции	Коллок-виумы	Лабораторные	Практические	СРС
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		1	Основные понятия метода моделирования	22	2	-	-	4	18
		2	Оптимизация	31	2	-	-	4	25
2		3	Физические основы моделирования процессов теплопереноса	31	2	-	-	4	25
		4	Аналогия между процессами переноса импульса,	29	2	-	-	2	25

			теплоты и массы						
3		5	Модели теплового и динамического пограничных слоев	31	2	-	-	4	25
			ИТОГО:	144	10	-	-	16	118

### 5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	1	1	Основные понятия. Физическое и математическое моделирование. Системный подход при моделировании. Основные виды математических моделей. Блочный принцип построения моделей. Физические законы, уравнения и ограничения, используемые при составлении математических моделей.	1-3, 6, 8, 9
	1	1	Сущность и методология метода наименьших квадратов, используемого при обработке опытных данных.	1, 6
2	1	2	Цель оптимизации. Формулирование задачи оптимизации. Выбор критерия оптимальности. Ограничения. Оптимизирующие факторы. Целевая функция.	2, 6, 8
	1	2	Методы оптимизации, общая характеристика. Аналитические методы оптимизации. Численные методы оптимизации.	2, 6, 8
3	1	3	Механизм переноса теплоты, импульса и массы в сплошной среде, математическое описание конвективного переноса. Гипотезы Фурье, Ньютона, Фика. Дифференциальные уравнения конвективного переноса.	3, 7, 8
	1	3	Особенности записи уравнений переноса при турбулентном течении жидкости. Эффективные коэффициенты переноса. Условия однозначности для процессов конвективного теплообмена.	3, 7, 8
4	2	4	Аналогия Рейнольдса. Аналогия между теплообменом и массообменом. Тройная аналогия. Улучшение аналогии Рейнольдса. Границы применимости аналогий.	3, 7, 8
5	2	5	Понятие о пограничном слое. Физические представления динамического и теплового пограничных слоев. Дифференциальные уравнения конвективного переноса в пограничном слое. Уравнение для случаев обтекания пластины и течения в трубе. Решение гидродинамической задачи при ламинарном течении в трубе.	3, 7, 8

	2		Характеристики переноса теплоты в турбулентном пограничном слое. Решение гидродинамической задачи при турбулентном течении в пограничном слое. Универсальный профиль скорости. Зоны турбулентного пограничного слоя.	3, 7, 8
	2		Теплообмен в турбулентном пограничном слое на плоской стенке. Решение дифференциального уравнения энергии для потока жидкости в круглой трубе. Интеграл Лайона.	3, 7, 8
	2		Решение задачи теплообмена при ламинарном течении в трубе. Влияние граничных условий на стенке на число Нуссельта. Решение задачи теплообмена при турбулентном течении в трубе.	3, 7, 8

## 6. Содержание коллоквиумов

Коллоквиумы программой и учебным планом не предусмотрены.

## 7. Перечень практических занятий

№ темы	Всего часов	№ занятий	Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии.	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	4	1-3	Расчет теплофизических свойств веществ различными методами. Определение коэффициентов вязкости, теплопроводности, других параметров для однокомпонентных веществ и смесей при различных давлениях и температурах. Составление математических моделей для различных тепло- и массообменных процессов. Расчет характеристик процессов по составным моделям.	4, 5, 6, 7, 10
2	4	4-6	Расчет оптимальных характеристик тепло- и массообменных процессов и установок с использованием аналитических и численных методов.	4, 5, 6, 7, 10
3	4	7, 8	Составление дифференциальных уравнений процессов движения и теплообмена жидких сред.	4, 5, 6, 7, 10
4	2	9, 10	Расчет характеристик теплообмена по данным о гидравлическом сопротивлении потока в трубе.	4, 5, 6, 7, 10
5	4	11-13	Моделирование и расчет характеристик течения и теплообмена в трубах и каналах с использованием положений теорий пограничного слоя.	4, 5, 6, 7, 10



## 8. Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ программой и учебным планом не предусмотрено.

## 9. Задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Всего часов	Вопросы для самостоятельного изучения	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
1	18	Математическое моделирование и основные виды математических моделей. Составление математического описания объекта и выбор метода решения и реализации его в виде алгоритма решения и моделирующей программы. Проверка адекватности моделей.	1-3, 6, 8, 9
2	25	Расчет оптимальных конструктивных характеристик кольцевого канала для жидкости (обязательная индивидуальная работа – далее ОИР). Промышленные процессы и устройства – как объекты математического моделирования и оптимизации. Оптимизация технологических процессов. Определение параметров в корреляционной связи с использованием метода наименьших квадратов (ОИР).	2, 6, 8, 10
3	25	Составить математическую модель теплообменного аппарата типа «труба в трубе» (ОИР). Математические модели теплообменных аппаратов.	3, 7, 8
4	25	Расчет коэффициента теплообмена потока в трубе с использованием аналогии Рейнольдса (ОИР). Использование аналогии переноса тепла, массы и импульса в инженерных расчетах.	3, 7, 8, 10
5	25	Моделирование процессов переноса теплоты и массы в технологических аппаратах.	3, 7, 8

## 10. Расчетно-графическая работа

Расчетно-графическая работа программой и учебным планом не предусмотрена.

## 11. Курсовая работа

Курсовая работа программой и учебным планом не предусмотрена.

## 12. Курсовой проект

Курсовой проект программой и учебным планом не предусмотрен.

## 13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Изучение дисциплины Б.1.3.7.1 «Математическое моделирование и оптимизация

тепло- и массообменных процессов и установок» направлено на формирование компетенций: общепрофессиональных (ОПК-1, ОПК-5) и профессиональных (ПК-1). Перечень показателей для соответствующих компетенций составлен с учетом имеющихся в программе профессионального модуля умений и знаний.

Указанные компетенции формируются в соответствии со следующими этапами:

1. Формирование и развитие теоретических знаний, предусмотренных указанными компетенциями (лекционные занятия, самостоятельная работа студентов);

2. Приобретение и развитие практических умений, предусмотренных компетенциями (практические занятия, самостоятельная работа студентов);

3. Закрепление теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями, в ходе решения конкретных технических задач на практических занятиях, успешной сдачи экзамена.

Сформированность компетенции в рамках освоения данной дисциплины оценивается по трехуровневой шкале:

- пороговый уровень является обязательным для всех обучающихся по завершении освоения дисциплины;

- продвинутый уровень характеризуется превышением минимальных характеристик сформированности компетенции по завершении освоения дисциплины;

- высокий уровень характеризуется максимально возможной выраженностью компетенции и является важным качественным ориентиром для самосовершенствования.

Для компетенции ОПК-1:

Пороговый уровень освоения компетенции: знает принципиальные особенности моделирования математических, физических и химических процессов, предназначенные для конкретных технологических процессов; основы проекционного и машиностроительного черчения с использованием пакета программ.

Продвинутый уровень освоения компетенции: применяет для решения задач профессиональной деятельности модели с использованием знаний математического анализа, теории вероятностей, математической статистики, статики, кинематики, динамики и аналитической механики.

Высокий уровень освоения компетенции: способен использовать современные технологии для применения методов моделирования и оптимизации объектов в сфере профессиональной деятельности.

Для компетенции ОПК-5:

Пороговый уровень освоения компетенции: знание компьютерных программ, стандартов и источников получения информации; основных технологий поиска, разведки и организации нефтегазового производства в России и за рубежом; основные положения метрологии, стандартизации, сертификации нефтегазового производства.

Продвинутый уровень освоения компетенции: использует по назначению пакеты компьютерных программ в инженерных расчетах; осознанно воспринимает информацию, умеет самостоятельно искать, извлекать, систематизировать, анализировать и отбирать необходимую для решения задач информацию, организовывать, преобразовывать, сохранять и передавать ее

Высокий уровень освоения компетенции: самостоятельно разрабатывает и использует пакеты компьютерных программ для инженерных расчетов в области профессиональной деятельности.

Для компетенции ПК-1:

Пороговый уровень освоения компетенции: знает методы оценки эффективности внедрения новой техники и технологии, организации труда, рационализаторских предложений и изобретений, требования федеральных, локальных нормативных актов, инструкций, правил по промышленной и пожарной безопасности, охране труда.

Продвинутый уровень освоения компетенции: способен разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, технические задания на проектно-конструкторские

работы, разбираться в нормативно-технической документации, читать чертежи, схемы и прочие нормативные документы; способен проводить технико-экономическую оценку планируемых мероприятий по внедрению нового оборудования.

Высокий уровень освоения компетенции: владеет знаниями по обеспечению выполнения работ, связанных с перевооружением, капитальным ремонтом и модернизацией технологических объектов, проведению монтажа нового оборудования на технологических объектах; владеет знаниями по подготовке предложения в планы внедрения новой техники и оборудования, в планы реконструкций производственных объектов; в совершенстве владеет навыками составления математических моделей тепло- и массообменных процессов и установок с последующей их оптимизацией.

Код компетенции	Этап формирования	Показатели оценивания	Критерии оценивания		
			Промежуточная аттестация	Типовые задания	Шкала оценивания
ОПК-1	8 семестр	<p>Студент должен знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- принципиальные особенности моделирования математических, физических и химических процессов, предназначенные для конкретных технологических процессов;</li> </ul> <p>Студент должен уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять для решения задач профессиональной деятельности символьные модели с использованием алгебры, геометрии, математического анализа, теории вероятностей и математической статистики;</li> <li>- применять для решения задач профессиональной деятельности феноменологические модели, используя знания статики, кинематики, динамики и аналитической механики;</li> <li>- применять для решения задач профессиональной деятельности знания основ проекционного и машиностроительного черчения, использует графические редакторы 2-D и 3-D моделирования с учетом требований ЕСКД.</li> </ul> <p>Студент должен владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами проекционного и машиностроительного черчения, использует графические редакторы 2-D и 3-D моделирования с учетом требований ЕСКД.</li> </ul>	Отчеты по обязательным индивидуальным работам в рамках СРС. Оценки по модулям.	Вопросы к модулям и экзамену. Контрольные тесты	«отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»

ОПК-5	<p>Студент должен знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- состав и свойства нефти и газа, основные положения метрологии, стандартизации, сертификации нефтегазового производства.</li> </ul> <p>Студент должен уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать по назначению пакеты компьютерных программ;</li> <li>- использовать компьютер для решения несложных инженерных расчетов;</li> <li>- осознанно воспринимать информацию, самостоятельно искать, извлекать, систематизировать, анализировать и отбирать необходимую для решения задач информацию, организовывать, преобразовывать, сохранять и передавать ее.</li> </ul> <p>Студент должен владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основными технологиями поиска, разведки и организации нефтегазового производства в России и за рубежом, использует стандарты и ТУ, источники получения информации, массмедийные и мультимедийные технологии.</li> </ul>	<p>Отчеты по обязательным индивидуальным работам в рамках СРС. Оценки по модулям.</p>	<p>Вопросы к модулям и экзамену. Контрольные тесты</p>	<p>«отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»</p>
ПК-1	<p>Студент должен знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методы оценки эффективности внедрения новой техники и технологии, организации труда, рационализаторских предложений и изобретений, а также требования федеральных, локальных нормативных актов, инструкций, правил по промышленной и пожарной безопасности, охране труда.</li> </ul> <p>Студент должен уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, технические задания на проектно-конструкторские работы, разбираться в нормативно-технической документации, читать чертежи, схемы и прочие нормативные документы;</li> </ul>	<p>Отчеты по обязательным индивидуальным работам в рамках СРС. Оценки по модулям.</p>	<p>Вопросы к модулям и экзамену. Контрольные тесты</p>	<p>«отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»</p>

		<p>- проводить технико-экономическую оценку планируемых мероприятий по внедрению нового оборудования и организовывать проведение монтажа нового оборудования на технологических объектах.</p> <p>Студент должен владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками по обеспечению выполнения работ, связанных с перевооружением, капитальным ремонтом и модернизацией технологических объектов, проведению монтажа нового оборудования на технологических объектах;</li> <li>- навыками по подготовке предложения в планы внедрения новой техники и оборудования, в планы реконструкций производственных объектов.</li> </ul>			
--	--	---	--	--	--

Фонд оценочных средств текущей успеваемости и промежуточной аттестации студентов по итогам освоения дисциплины «Математическое моделирование и оптимизация тепло- и массообменных процессов и установок» представляют собой комплект контролируемых материалов следующих видов:

- Письменные опросы по теории (модули). Проверяются знания текущего материала.

- Экспрессные опросы. Представляют собой набор коротких вопросов по определенной теме, требующих быстрого и короткого ответа. Проверяются знания текущего материала.

- Экзаменационные билеты состоят из двух теоретических вопросов по всем разделам, изучаемых в семестре и практической задачи.

- Тестовые задания в адаптивной среде тестирования (АСТ) для проверки знаний по дисциплине «Математическое моделирование и оптимизация тепло- и массообменных процессов и установок», включающие все основные разделы курса, рассчитаны на выполнение в течение 25 минут; предназначены для проверки знаний, умений и навыков при решении конкретных задач.

Критерии оценки для контрольного тестирования:

- контрольное тестирование «отлично», если студент дал правильные ответы на контрольные вопросы от 80% и более;

- контрольное тестирование «хорошо», если студент дал правильные ответы на контрольные вопросы от 50 до 79%;

- контрольное тестирование «удовлетворительно», если студент дал правильные ответы на контрольные вопросы от 20 до 49%;

- контрольное тестирование «неудовлетворительно», если студент дал правильные ответы в промежутке от 0 до 49%.

Критерии оценки для экзамена:

- оценки «отлично» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины;

проявивший творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безусловно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины.

- оценки «хорошо» заслуживает студент, обнаруживший полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющий предусмотренные задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

- оценки «удовлетворительно» заслуживает студент, обнаруживший знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, знакомый с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустившим погрешность в ответе на теоретические вопросы, но обладающий необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему серьезные пробелы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустившему принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответившему на все вопросы билета и дополнительные вопросы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине (формирования и развития компетенций, закреплённых за данной дисциплиной), или, если студент после начала экзамена отказался его сдавать или нарушил правила сдачи экзамена (списывал, подсказывал, обманом пытался получить более высокую оценку и т.д.)

## Текущий контроль

### Модуль 1

1. Физическое и математическое моделирование.
2. Содержание, возможности, роль и место физического и математического моделирования в научных исследованиях и инженерном анализе.
3. Системный подход при моделировании.
4. Основные виды математических моделей.
5. Блочный принцип построения моделей.
6. Физические законы, уравнения и ограничения используемые при составлении математических моделей.
7. Роль и место теории подобия и анализа размерностей в моделировании.
8. Сущность и методология метода наименьших квадратов, используемого при обработке опытных данных.
9. Способы приведения нелинейных эмпирических уравнений к линейной форме при вычислении постоянных параметров по методу наименьших квадратов.
10. Цель оптимизации.
11. Формулирование задачи оптимизации.
12. Выбор критерия оптимальности.
13. Ограничения.
14. Оптимизирующие факторы.
15. Целевая функция.
16. Метод оптимизации путем дифференцирования целевой функции.
17. Оптимизация методом неопределённых множителей Лагранжа.
18. Оптимизация методом линейного программирования.
19. Численные методы оптимизации.
20. Методы одномерного поиска.
21. Методы многомерного поиска.

## 22. Оптимизация перебором.

### Модуль 2

1. Механизм переноса теплоты, импульса и массы в сплошной среде, математическое описание конвективного переноса.
2. Гипотезы Фурье, Ньютона, Фика.
3. Дифференциальные уравнения конвективного переноса.
4. Особенности записи уравнений переноса при турбулентном течении жидкости.
5. Эффективные коэффициенты переноса.
6. Условия однозначности для процессов конвективного теплообмена.
7. Методы исследования и расчета конвективного теплообмена.
8. Аналогия Рейнольдса.
9. Улучшение аналогии Рейнольдса.
10. Аналогия между теплообменом и массообменом.
11. Тройная аналогия.
12. Границы применимости аналогий.

### Модуль 3

1. Понятие о пограничном слое.
2. Физические представления динамического и теплового пограничных слоев.
3. Дифференциальные уравнения конвективного переноса в пограничном слое. Уравнение для случаев обтекания пластины и течения в трубе.
4. Решение гидродинамической задачи при ламинарном течении в трубе. Характеристики переноса теплоты в турбулентном пограничном слое.
5. Решение гидродинамической задачи при турбулентном течении в пограничном слое.
6. Универсальный профиль скорости. Зоны турбулентного пограничного слоя.
7. Теплообмен в турбулентном пограничном слое на плоской стенке.
8. Решение дифференциального уравнения энергии для потока жидкости в круглой трубе. Интеграл Лайона.
9. Решение задачи теплообмена при ламинарном течении в трубе. Влияние граничных условий на стенке на число Нуссельта.
10. Решение задачи теплообмена при турбулентном течении в трубе.
11. Полуэмпирические и эмпирические зависимости теплообмена.

### Экзаменационные вопросы

1. Общие принципы построения эмпирических уравнений при физическом моделировании. Теории подобия и размерностей.
2. Дифференциальные уравнения неразрывности и движения, описывающие течение в пограничном слое, имеют три неизвестных величины ( $\hat{w}_x$ ,  $\hat{w}_y$ ,  $dp/dx$ ). Какой прием используется для замыкания системы этих двух уравнений?
3. Постановка и формулирование задачи оптимизации. Критерий оптимальности. Целевая функция. Оптимизирующие факторы. Ограничения и равенства параметров.
4. Запишите гидродинамические и тепловые граничные условия для течения в пограничном слое.
5. Оптимизация путем дифференцирования целевой функции.
6. В каком соотношении находятся между собой толщины динамического и теплового пограничных слоев при  $Pr < 1$ ,  $Pr \sim 1$ ,  $Pr > 1$ .
7. Оптимизация методом неопределенных множителей Лагранжа.
8. Каков физический смысл понятия «длина пути смешения»? Как рассчитывается и где используется длина пути смешения?

9. Численные методы оптимизации при одном оптимизирующем параметре (сканирование, дихотомии, золотого сечения).
10. Стенка обтекается продольным турбулентным потоком воды. В фиксированном сечении потока касательное напряжение трения на стенке  $\sigma_{ст} = 0,1$  Па. Каковы локальные значения продольной скорости потока на границах вязкого подслоя?
11. Численные методы оптимизации при целевой функции зависящей от многих аргументов. (Гаусса-Зейделя, градиентный, метод перебора).
12. При турбулентном течении воздуха в трубе со скоростью 10 м/с касательное напряжение трения на стенке 0,2 Па. Теплоемкость воздуха 1 кДж/(кг·К). Найдите при этих условиях величину коэффициента теплообмена, используя аналогию Рейнольдса.
13. Математическое моделирование и общая методика расчета рекуперативных ТА.
14. При турбулентном течении воды в трубе со скоростью 1 м/с коэффициент теплообмена имеет величину 10000 Вт/(м<sup>2</sup>·К). Теплоемкость воды 4,19 кДж/(кг·К). Найдите для этих условий течения величину коэффициента сопротивления трения потока, используя аналогию Рейнольдса.
15. Математическая модель и расчет теплообменного аппарата с изменением агрегатного состояния обоих теплоносителей.
16. При турбулентном течении воздуха в трубе со скоростью 50 м/с коэффициент сопротивления трения составляет величину 0,032. Найдите коэффициент массообмена для этих условий течения. Найдите также коэффициент теплообмена при теплоемкости воздуха 1 кДж/(кг·К) и его плотности 1 кг/м<sup>3</sup>. При выполнении расчетов используйте метод аналогии процессов переноса импульса теплоты и массы.
17. Математическая модель и расчет теплообменного аппарата без изменения агрегатного состояния теплоносителей.
18. Для цилиндрической емкости объемом 3,14 м<sup>3</sup>, открытой сверху, найдите высоту и диаметр удовлетворяющий требованию минимальной суммарной площади поверхности стенок.
19. Расчет и выбор оптимальной конструкции теплообменного аппарата.
20. Зависимость стоимости изготовления продукции С, руб/кг от производительности П, кг/ч выражена формулой  $C = P^2 - 4P + 10$ . Найдите производительность, при которой стоимость изготовления будет минимальной.
21. Система уравнений, описывающих движение жидкости и теплообмен. Дифференциальные уравнения движения, энергии и неразрывности при постоянных свойствах жидкости.
22. Теплообмен при турбулентном течении воздуха в трубе описан формулой  $Nu = 0,018Re^{0,8}$ . Используя эту формулу постройте зависимость коэффициента теплообмена от диаметра трубы.
23. Методы исследования и расчета конвективного переноса (экспериментальные, аналитические, численные). Сравнение методов.
24. Опишите метод расчета теплопроводности газа с использованием принципа, термодинамического подобия. Достоинства и недостатки метода.
25. Аналогия между теплообменом и массообменом. Тройная аналогия. Границы применимости аналогий.
26. Определите высоту и диаметр цилиндрического сосуда с максимальным объемом, имеющего площадь стенок (крышки нет)  $F = 3,14$  м<sup>2</sup>.
27. Решение гидродинамической задачи при ламинарном обтекании плоской стенки и при ламинарном течении в трубе.
28. Каково влияние на расчетные зависимости теплообмена тепловых граничных условий при ламинарном течениях в трубе?
29. Определение коэффициентов турбулентной вязкости и турбулентной теплопроводности.
30. Как при известном распределении коэффициента турбулентной вязкости  $\mu_t =$



$f(y)$  найти распределение коэффициента турбулентной теплопроводности  $\lambda_t = f(y)$  по нормам к стенке трубы?

31. Особенности записи уравнений переноса при турбулентном течении жидкости. Эффективные коэффициенты переноса.

32. Опишите метод расчета вязкости газа с использованием принципа термодинамического подобия. Преимущества и недостатки метода.

33. Общие принципы построения математических моделей. Системный подход при составлении модели теплообменника.

34. Локальный коэффициент трения при обтекании пластины  $C_F = \text{const} \sqrt{\text{Re}_x}$ . Получите выражение для среднеинтегрального коэффициента трения на длине пластины  $x$ .

35. Математическая модель и расчет теплообменного аппарата с изменением агрегатного состояния одного из теплоносителей.

36. Найдите размеры прямоугольной емкости, открытой сверху, объемом  $32 \text{ м}^3$ , удовлетворяющие требованию минимальной суммарной площади поверхности дна и стенок.

37. Аналогия Рейнольдса. Вывод зависимости между коэффициентами теплообмена и сопротивления трения. Улучшение аналогии Рейнольдса.

38. Дайте общую характеристику и алгоритм расчета свойств газовых смесей различными методами.

39. Гидродинамический и тепловой пограничные слои. Их структура и толщина.

40. Определите величины сторон прямоугольного сосуда объемом  $8 \text{ м}^3$ , соответствующих минимальной площади сторон.

41. Решение гидродинамической задачи при турбулентном течении в пограничном слое. Универсальный профиль скорости.

42. Теплообмен при турбулентном течении в трубах однофазных теплоносителей описывается формулой  $\text{Nu} = 0,023 \text{ Re}^{0,8} \text{ Pr}^{0,43}$ . В интервале изменения диаметра трубы  $d = 0,01 \div 0,1 \text{ м}$ , найдите оптимальное его значение, соответствующее максимуму коэффициента теплообмена. Расход теплоносителя и его свойства постоянны.

43. Расчет теплообмена турбулентного потока при обтекании плоской стенки.

44. Гидравлическое сопротивление при турбулентном течении однофазного теплоносителя в гладких трубах описывается формулой Блазиуса  $\xi = 0,3164 / \text{Re}^{0,25}$ . При постоянных расходе и свойствах теплоносителя определите для интервала диаметра трубы  $d = 0,01 \div 0,1 \text{ м}$  оптимальное его значение, соответствующее минимальному значению  $\xi$ .

45. Дифференциальные уравнения конвективного переноса в пограничном слое на плоской стенке и круглой трубе.

46. Изобразите графически зависимость  $w_x = f(y)$  в вязком подслое турбулентного пограничного слоя.

47. Математическое описание конвективного переноса. Гипотезы Фурье, Ньютона, Фика. Дифференциальные уравнения конвективного переноса (общая форма записи).

48. Постройте зависимость числа Прандтля от температуры  $t$  для теплоносителя при  $C_p = \text{const}$ ,  $p = \text{const}$ ,  $\nu = a / (b + kt)$ ,  $\lambda = mnt$ , где  $a, b, k, n$  – постоянные величины.

49. Решение задачи теплообмена при турбулентном течении в трубе.

50. В трубе диаметром  $2 \text{ см}$  и длиной  $2 \text{ м}$  движется вода. Перепад давления потока воды в трубе  $1000 \text{ Па}$ . Найдите скорость движения воды и величину касательного напряжения на стенке, если коэффициент сопротивления трения потока равен  $0,03$ .

51. Общее решение задачи теплообмена при течении жидкости при течении жидкости в трубе. Интеграл Лайона.

52. Гидравлическое сопротивление при ламинарном течении в трубе однофазного теплоносителя описывается формулой Пуазейля  $\xi = 64 / \text{Re}$ . При постоянных расходе и свойствах теплоносителя для интервала скорости  $w = 0,1 \div 0,7 \text{ м/с}$ , определите оптимальное значение  $w$ , соответствующее минимуму  $\xi$ .

53. Решение задачи теплообмена при ламинарном течении в трубе.

54. При ламинарном течении в трубе однофазного теплоносителя теплообмен описывается формулой  $Nu = 1,86 Re^{0,33} Pr^{0,33} (d / l)^{0,33}$ . Расход теплоносителя и его свойства постоянны. Длина трубы  $l = const$ . Для интервала диаметра трубы  $d = 0,005 \div 0,05$  м. Найдите оптимальное значение  $d$ , соответствующее максимуму коэффициента теплообмена  $\alpha$ .

### Тестовые задания по дисциплине

Режим доступа - <http://techn.sstu.ru/new/SubjectFGOS/Default.aspx?kod=677&tip=13>

*Примеры тестовых заданий для проведения аттестации по итогам освоения дисциплины*

1. Под моделированием понимают

- а) операция получения наилучших результатов в данных условиях
- б) способ изучения процессов, явлений и устройств, при котором исследуется не непосредственно сам объект-оригинал, а некоторая промежуточная вспомогательная система
- в) способ изучения самого объекта в натуре
- г) совокупность связей между частями системы

2. Целевая функция определяет

- а) зависимость критерия оптимальности от входных параметров объекта
- б) установление ограничений типа равенств или неравенств
- в) зависимость критерия оптимальности от выходных параметров объекта
- г) выбор критерия оптимальности

3. Используя метод сканирования найти оптимальное значение  $x$  в интервале  $1 \leq x \leq 7$ , при котором целевая функция  $F = x^2 - 7x + 20$  имеет экстремум. Количество рассчитываемых значений функции  $q = 4$

- а) 1
- б) 3
- в) 5
- г) 7

4. Движущей силой переноса массы в сплошных средах является

- а)  $\frac{\partial T}{\partial y}$
- б)  $\frac{\partial C^*}{\partial y}$
- в)  $\frac{\partial w}{\partial y}$
- г)  $\frac{\partial F}{\partial y}$

### 14. Образовательные технологии

Для достижения планируемых результатов обучения в дисциплине «Математическое моделирование и оптимизация тепло- и массообменных процессов и установок» используются различные образовательные технологии, в том числе:

– информационно-развивающие технологии, направленные на формирование системы знаний, запоминание и свободное оперирование ими. Используется лекционно-семинарский метод, самостоятельное изучение литературы, применение новых информационных технологий для самостоятельного пополнения знаний, включая использование технических и электронных средств информации.

– личностно-ориентированные технологии обучения, обеспечивающие в ходе учебного процесса учет различных способностей обучаемых, создание необходимых условий для развития их индивидуальных способностей, развитие активности личности в учебном процессе. Личностно-ориентированные технологии обучения реализуются в результате индивидуального общения преподавателя и студента при

экспресс-опросе, при выполнении домашних индивидуальных заданий, решении задач повышенной сложности, на еженедельных консультациях.

При организации учебных занятий используются активные и интерактивные методы обучения: диалог, беседа, работа в команде. Возможно чтение лекций с применением мультимедийных технологий. Внеаудиторная самостоятельная работа студентов проводится с использованием библиотечных и локальных сетевых ресурсов института, интернет-ресурсов.

## 15. Перечень учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине

1. Коршиков, В.Д. Моделирование процессов тепло- и массопереноса / В. Д. Коршиков, И. Г. Бянкин. - Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014. - 84 с. - ISBN 978-5-88247-692-1. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. Режим доступа:

<http://www.iprbookshop.ru/55643.html>

2. Ахмадиев, Ф.Г. Математическое моделирование и методы оптимизации: учебное пособие / Ф. Г. Ахмадиев, Р. М. Гильфанов. - Казань: Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. - 179 с. - ISBN 978-5-7829-0534-7. - Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/73309.html>

3. Цирельман, Н.М. Конвективный теплообмен; моделирование, идентификация, интенсификация: Монография. - 2-е изд., испр. и доп. - СПб.: Издательство «Лань», 2021. - 472 с. - ISBN 978-5-8114-2978-3. - Текст : электронный // Электронно-библиотечная система Лань: [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/169176>

4. Печенегов Ю.Я. Расчет гидравлических процессов на ЭВМ. – Саратов: СГТУ, 2010. - 40 с. Экземпляры всего: 5.

5. Романков, П. Г. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи) : учебное пособие для вузов / П. Г. Романков, В. Ф. Фролов, О. М. Флисюк. - 5-е изд. - Санкт-Петербург : ХИМИЗДАТ, 2020. - 544 с. - ISBN 078-5-93808-349-4. - Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/97815.html>

6. Печенегов, Ю.Я. Введение в моделирование и оптимизацию тепло- и массообменных процессов и установок: Учебное пособие. - Саратов: СГТУ, 1994. - 60 с. Экземпляры всего: 23.

7. Печенегов, Ю.Я. Математическое моделирование и расчет процессов тепло- и массообменных процессов в инженерных задачах: Учебное пособие. - Саратов: СГТУ, 1994 – 80 с. Экземпляры всего: 14.

8. Авдюнин, Е.Г. Моделирование и оптимизация промышленных теплоэнергетических установок : учебник / Авдюнин Е. Г. - Москва : Инфра-Инженерия, 2019. - 184 с. - ISBN 978-5-9729-0297-2. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972902972.html>

9. Шафрай, А.В. Математическое моделирование процессов и технологических систем Электронный ресурс / Шафрай А. В., Бородулин Д. М., Бакин И. А., Комаров С. С. : учебное пособие. - Кемерово : КемГУ, 2020. - 119 с. - ISBN 978-5-8353-2654-9. - Текст : электронный // Электронно-библиотечная система Лань: [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/162603>

10. Викторов, М.М. Методы вычисления физико-химических величин и прикладные расчеты. – М.: Химия, 1977. – 360 с. Экземпляры всего: 3.

11. <https://www.studentlibrary.ru>

12. <http://www.iprbookshop.ru>

13. <https://e.lanbook.com>

14. <http://techn.sstu.ru>

## 16. Материально-техническое обеспечение

### Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа

Укомплектована специализированной мебелью и техническими средствами обучения: 12 столов, 24 стула; рабочее место преподавателя; доска для написания фломастером; проектор BENQ 631, рулонный проекционный экран, ноутбук с подключением к сети с выходом в Интернет и доступом в информационно-образовательную среду ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по рабочей программе дисциплины

Программное обеспечение: Microsoft Windows 7, Microsoft Office 2010 (Word, Excel, PowerPoint), GoogleChrome.

### Учебная аудитория для проведения занятий практического типа, текущего контроля и промежуточной аттестации, групповых и индивидуальных консультаций

Укомплектована специализированной мебелью и техническими средствами обучения: 12 столов, 24 стула; рабочее место преподавателя; доска для написания фломастером; проектор BENQ 631, рулонный проекционный экран, ноутбук с подключением к сети с выходом в Интернет и доступом в информационно-образовательную среду ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по рабочей программе дисциплины

Программное обеспечение: Microsoft Windows 7, Microsoft Office 2010 (Word, Excel, PowerPoint), GoogleChrome.

Рабочую программу составил  25.06.2021г. / В.А. Денисов /

## 17. Дополнения и изменения в рабочей программе

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ года, протокол № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

Внесенные изменения утверждены на заседании УМКС/УМКН  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ года, протокол № \_\_\_\_

Председатель УМКС/УМКН \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /