

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 5

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

проф., д.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

Н.А. Жильникова

(инициалы, фамилия)



(подпись)

«24» июня 2024г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Методы моделирования химических процессов»  
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	20.03.01
Наименование направления подготовки/ специальности	Техносферная безопасность
Наименование направленности	Инжиниринг и цифровизация систем обеспечения безопасности техносферы
Форма обучения	очная
Год приема	2024

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

Доц., к.т.н., с.н.с.

(должность, уч. степень, звание)



24.06.2024

(подпись, дата)

Е.Н.Киприянова

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 5

«24» июня 2024 г, протокол №02-06/2024

Заведующий кафедрой № 5

д.т.н., доц.

(уч. степень, звание)



24.06.2024

(подпись, дата)

Е.А. Фролова

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института ФПТИ по методической работе

доц., к.ф.-м.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)



24.06.2024

(подпись, дата)

Ю.А. Новикова

(инициалы, фамилия)

## Аннотация

Дисциплина «Методы моделирования химических процессов» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/ специальности 20.03.01 «Техносферная безопасность» направленности «Инжиниринг и цифровизация систем обеспечения безопасности техносферы». Дисциплина реализуется кафедрой «№5».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ОПК-2 «Способен обеспечивать безопасность человека и сохранение окружающей среды, основываясь на принципах культуры безопасности и концепции риск-ориентированного мышления».

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с теоретическими основами моделирования химических процессов, построением балансовых моделей, моделирование простейших химических реакторов.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, практические занятия, семинары, самостоятельная работа.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский»

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

### 1.1. Цели преподавания дисциплины

1.2. Целью изучения дисциплины является формирование системы знаний, умений и навыков в области разработки и применения математических моделей химико-технологических процессов и аппаратов, освоение студентами системного подхода к решению конкретных задач химической технологии, моделирования и оптимизации химико-технологических процессов, обработки результатов эксперимента при изучении производственных процессов на основе современных информационных технологий. Дисциплина входит в состав обязательной части образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-2 Способен обеспечивать безопасность человека и сохранение окружающей среды, основываясь на принципах культуры безопасности и концепции риск-ориентированного мышления	ОПК-2.3.1 знать нормы и требования в области безопасности здоровья человека и окружающей среды при ведении инженерной деятельности ОПК-2.У.1 уметь применять принципы культуры безопасности и концепции риск-ориентированного мышления для обеспечения безопасности человека и сохранения окружающей среды

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- «Механика жидкости и газа»,
- «Статистические методы в управлении сложными техническими системами».

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и могут использоваться при изучении других дисциплин:

- «Экологические модели организации природопользования»,
- «Моделирование природно-технических систем».

## 3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№5
1	2	3
<b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)</b>	5/ 180	5/ 180
<b>Из них часов практической подготовки</b>		
<b>Аудиторные занятия, всего час.</b>	51	51
в том числе:		
лекции (Л), (час)	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	17	17
лабораторные работы (ЛР), (час)	17	17
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)	36	36
<b>Самостоятельная работа, всего (час)</b>	93	93
<b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Экз.	Экз.

Примечание: \*\* кандидатский экзамен

#### 4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 5					
Раздел 1. Основные понятия метода моделирования	4	4	4		23
Раздел 2. Математическое описание химических реакций и математические модели химико-технологических процессов	4	4	4		23
Раздел 3. Математическое моделирование кинетики химических реакций и гомогенных химических реакторов	4	4	4		23
Раздел 4. Экспериментально статистические методы построения математических моделей	5	5	5		24
Итого в семестре:	17	17	17		93
Итого	17	17	17	0	93

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
<b>Раздел 1</b>	<p><b>Основные понятия метода моделирования</b></p> <p>Введение. Основные понятия моделирования. Системный подход к описанию химико-технологических процессов. Математическое описание химико-технологических процессов. Математическая модель и ее адекватность. Критерий Фишера. Критерий Стюдента. Общие принципы моделирования. Классификация моделей. Методология построения математических моделей химико-технологических процессов. Теория подобия.</p>
<b>Раздел 2</b>	<p><b>Математическое описание химических реакций и математические модели химико- технологических процессов</b></p> <p>Стехиометрия и равновесие химических реакций. Формальная химическая кинетика. Математическое описание гидродинамической структуры потоков. Модель идеального смешения. Модель идеального вытеснения. Диффузионные гидродинамические модели. Ячеечные гидродинамические модели. Определение условий перемешивания в проточных аппаратах. Моделирование тепловых процессов в химической технологии. Основные закономерности теплообмена. Математические модели теплообменных аппаратов. Математическое моделирование массообменных процессов. Математическое описание равновесия в системе «жидкость - пар» и «жидкость - жидкость». Моделирование процесса массопередачи. Моделирование процесса сепарации. Моделирование процесса ректификации. Моделирование процесса абсорбции. Моделирование процесса адсорбции. Моделирование процесса выпаривания. Моделирование процесса сушки.</p>
<b>Раздел 3</b>	<p><b>Математическое моделирование кинетики химических реакций и гомогенных химических реакторов</b></p> <p>Основные понятия химической кинетики. Моделирование кинетики гомогенных химических реакций. Моделирование кинетики гетерогенных химических реакций. Классификация реакторов. Математическая модель реактора идеального смешения. Математическая модель реактора идеального вытеснения. Исследование химического процесса, протекающего в гомогенном реакторе идеального смешения. Исследование химического процесса, протекающего в реакторе идеального вытеснения в стационарном режиме.</p>
<b>Раздел 4</b>	<p><b>Экспериментально статистические методы построения математических моделей</b></p> <p>Основные понятия и определения. Статистические модели объектов на основе пассивного эксперимента. Методы корреляционного и</p>

	<p>регрессионного анализа. Линейная регрессионная модель с одной независимой переменной. Статистический анализ результатов. Параболическая регрессионная модель. Статистические модели на основе активного эксперимента (методы планирования экстремальных экспериментов). Планы первого порядка. Полный факторный эксперимент. Статистический анализ уравнения регрессии.</p>
--	--

#### 4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
<b>Семестр 5</b>					
1	Расчёт констант скорости сложной химической реакции методом минимизации функционала	Расчеты	2		3
2	Расчет материальных потоков в замкнутой ХТС матричным методом	Расчеты	2		2
3	Типовые математические модели элементов ХТС и их применение	Расчеты	2		2
4	Моделирование теплообменных аппаратов с учетом структуры потоков	Расчеты	2		3
5	Построение математической модели процесса истечения жидкости	Расчеты	3		3
6	Определение параметров моделей структуры потока	Расчеты	3		4
7	Расчет технологических показателей и нормативов по балансовой модели	Расчеты	3		4
Всего			17		

#### 4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 5				
1	Определение параметров теплообмена с использованием ПЭВМ	2		3
2	Определение кинетических характеристик сложной химической реакции в реакторах различного типа	2		2
3	Реализация метода наименьших квадратов в Mathcad	2		2
4	Определение параметров истечения жидкости	2		3
5	Основные приемы работы с пакетом MATLAB	2		3
6	Моделирование температурного поля теплообменника «труба в трубе»	2		4
7	Моделирование кинетики химических реакций	2		4
8	Математическое моделирование гидродинамической структуры однофазных потоков	3		3
Всего		17		

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы  
Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся  
Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 5, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	30	30
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	30	30
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	33	33
Всего:	93	93

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)  
Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий  
Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
<a href="https://znanium.ru/catalog/novelty">https://znanium.ru/catalog/novelty</a>	Макимова Н.Н. Моделирование в химии : учебно-методическое пособие / Максимова Н.Н.. — Благовещенск : Амурский государственный университет, 2020. — 113 с. —Текст : электронный // Электронно библиотечная система IPR BOOKS . —	
<a href="https://www.iprbookshop.ru/102527">https://www.iprbookshop.ru/102527</a>	Евдокимов А.Н. Моделирование химико-технологических процессов (экспериментально-статистические модели) : учебное пособие / Евдокимов А.Н., Курзин А.В.. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2018. — 106 с.	

7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
Периодические издания	
<a href="http://www.kalvis.ru/">http://www.kalvis.ru/</a>	Журнал «Экология и промышленность России»
<a href="http://vodoochistka.ru/">http://vodoochistka.ru/</a>	Журнал «Водоочистка»
<a href="http://ecovestnik.ru/">http://ecovestnik.ru/</a>	Журнал «Экология урбанизированных территорий»
<a href="http://www.ecoindustry.ru/">http://www.ecoindustry.ru/</a>	Журнал «Экология производства»
<a href="https://vk.com/club43432547">https://vk.com/club43432547</a>	Журнал «Справочник эколога»
Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ	
<a href="http://elementy.ru">http://elementy.ru</a>	сайт о фундаментальной науке
<a href="http://www.wri.org">http://www.wri.org</a>	сайт Института мировых природных ресурсов
<a href="http://www.unep.org">http://www.unep.org</a>	сайт Программы ООН по окружающей среде

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	MS Office и MS Windows

8.2. Перечень информационно-справочных систем,используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

### 9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лекционная аудитория	51-07
2	Мультимедийная лекционная аудитория	51-07

### 10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену; Экзаменационные билеты; Тесты.

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«отлично» «зачтено»	– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий.

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;</li> <li>– не допускает существенных неточностей;</li> <li>– увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления;</li> <li>– аргументирует научные положения;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;</li> <li>– допускает несущественные ошибки и неточности;</li> <li>– испытывает затруднения в практическом применении знаний направления;</li> <li>– слабо аргументирует научные положения;</li> <li>– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li> <li>– частично владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся не усвоил значительной части программного материала;</li> <li>– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении;</li> <li>– испытывает трудности в практическом применении знаний;</li> <li>– не может аргументировать научные положения;</li> <li>– не формулирует выводов и обобщений.</li> </ul>

### 10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
1	Назовите понятие химико-технологической системы (ХТС).	ОПК-2.3.1
2	Перечислите элементы ХТС. Технологические операторы, их назначение и условные обозначения.	ОПК-2.3.1
3	Опишите принципы постановки задач расчета ХТС.	ОПК-2.У.1
4	Охарактеризуйте понятия синтеза и анализа ХТС.	ОПК-2.У.1
5	Назовите разомкнутые и замкнутые ХТС.	ОПК-2.3.1
6	Перечислите типы связей между элементами системы. Особенности расчета разомкнутых и замкнутых ХТС.	ОПК-2.3.1
7	Опишите интегральные методы расчета ХТС. Применимость, достоинства и недостатки интегральных методов.	ОПК-2.У.1
8	Расчет материальных потоков ХТС интегральным методом на основе уравнений материального баланса и линейных уравнений связи.	ОПК-2.3.1
9	Охарактеризуйте сущность декомпозиционных методов расчета ХТС, их применимость, достоинства и недостатки.	ОПК-2.У.1
10	Опишите структурный анализ замкнутой ХТС.	ОПК-2.У.1
11	Реализация итерационных алгоритмов расчета ХТС на основе результатов структурного анализа схемы.	ОПК-2.3.1
12	Детерминированные математические модели: определение, подходы к построению, основные составляющие моделей.	ОПК-2.У.1

13	Принципы учета особенностей гидродинамической структуры потоков вещества при построении детерминированных математических моделей.	ОПК-2.3.1
14	Типовые модели структуры потоков вещества в аппаратах: основные допущения и области применения.	ОПК-2.У.1
15	Назовите математическое моделирование гидравлических систем.	ОПК-2.3.1
16	Перечислите параметры гидравлических систем.	
17	Опишите модель трубопровода.	ОПК-2.У.1
18	Охарактеризуйте моделирование процессов истечения жидкостей из емкостей	ОПК-2.У.1
19	Моделирование теплообменного аппарата на основе модели идеального смешения и ячеечной модели.	ОПК-2.3.1
20	Моделирование теплообменного аппарата без изменения агрегатного состояния теплоносителей на основе модели идеального вытеснения.	ОПК-2.У.1
21	Особенности решения системы уравнений для противоточной и противоточной схемы движения теплоносителей.	ОПК-2.3.1
22	Сформулируйте математическое моделирование химической кинетики	ОПК-2.У.1
23	Сформулируйте моделирование химического превращения в реакторах.	ОПК-2.3.1
24	Сформулируйте модель химического реактора идеального смешения.	ОПК-2.3.1
25	Сформулируйте модель химического реактора идеального вытеснения.	ОПК-2.3.1
26	Сформулируйте эмпирико-статистические математические модели в автоматизированных расчетах.	ОПК-2.У.1
27	Сформулируйте исходные данные для построения моделей.	ОПК-2.У.1
28	Определите выбор формы уравнений. Общая постановка задачи построения моделей данного типа	ОПК-2.У.1
29	Назовите основные принципы построения эмпирико-статистических моделей: независимые переменные, факторы, функции отклика, объем выборки, выборочные оценки и др.	ОПК-2.3.1
30	Охарактеризуйте метод наименьших квадратов и его использование при оценке коэффициентов линейных регрессионных уравнений. Вывод системы уравнений.	ОПК-2.У.1

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.  
Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора																												
1	<p>Прочитайте текст и установите соответствие.            Определите основные этапы математического моделирования химической кинетики.            К каждой позиции, данной в левом столбце, выберите соответствующую позицию в правом столбце:</p> <table border="1" data-bbox="363 591 1289 1406"> <thead> <tr> <th colspan="2" data-bbox="363 591 826 665">Виды этапов (аспектов)</th> <th colspan="2" data-bbox="826 591 1289 665">Основные характеристики этапов (аспектов)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="363 665 432 739">А</td> <td data-bbox="432 665 826 739">Аналитический аспект</td> <td data-bbox="826 665 906 739">1</td> <td data-bbox="906 665 1289 739">Уравнение кинетики процесса</td> </tr> <tr> <td data-bbox="363 739 432 963">Б</td> <td data-bbox="432 739 826 963">Физический аспект</td> <td data-bbox="826 739 906 963">2</td> <td data-bbox="906 739 1289 963">Метод и алгоритм решения системы уравнений, реализованный как компьютерная программа</td> </tr> <tr> <td data-bbox="363 963 432 1182">В</td> <td data-bbox="432 963 826 1182">Вычислительный аспект</td> <td data-bbox="826 963 906 1182">3</td> <td data-bbox="906 963 1289 1182">Построение любой модели начинается с физического описания объекта моделирования.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="363 1182 432 1406">Г</td> <td data-bbox="432 1182 826 1406">Смысловой аспект</td> <td data-bbox="826 1182 906 1406">4</td> <td data-bbox="906 1182 1289 1406">Система уравнений, отражающая протекающие в объекте явления и связи между ними.</td> </tr> </tbody> </table> <p>Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:</p> <table border="1" data-bbox="347 1442 1289 1518"> <thead> <tr> <th data-bbox="347 1442 587 1480">А</th> <th data-bbox="587 1442 820 1480">Б</th> <th data-bbox="820 1442 1053 1480">В</th> <th data-bbox="1053 1442 1289 1480">Г</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="347 1480 587 1518"></td> <td data-bbox="587 1480 820 1518"></td> <td data-bbox="820 1480 1053 1518"></td> <td data-bbox="1053 1480 1289 1518"></td> </tr> </tbody> </table>	Виды этапов (аспектов)		Основные характеристики этапов (аспектов)		А	Аналитический аспект	1	Уравнение кинетики процесса	Б	Физический аспект	2	Метод и алгоритм решения системы уравнений, реализованный как компьютерная программа	В	Вычислительный аспект	3	Построение любой модели начинается с физического описания объекта моделирования.	Г	Смысловой аспект	4	Система уравнений, отражающая протекающие в объекте явления и связи между ними.	А	Б	В	Г					ОПК-2.3.1
Виды этапов (аспектов)		Основные характеристики этапов (аспектов)																												
А	Аналитический аспект	1	Уравнение кинетики процесса																											
Б	Физический аспект	2	Метод и алгоритм решения системы уравнений, реализованный как компьютерная программа																											
В	Вычислительный аспект	3	Построение любой модели начинается с физического описания объекта моделирования.																											
Г	Смысловой аспект	4	Система уравнений, отражающая протекающие в объекте явления и связи между ними.																											
А	Б	В	Г																											
2	<p>Прочитайте текст, выберите правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов. Укажите параметры гидравлических систем.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вместимость гидросистемы;</li> <li>2. Рабочий объем;</li> <li>3. Номинальный расход;</li> <li>4. Нормативный объем.</li> </ol>	ОПК-2.У.1																												
3	<p>Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. Опишите сущность интегральных методов расчета ХТС, применимость, достоинства и недостатки интегральных методов.</p>	ОПК-2.3.1																												
4	<p>Прочитайте текст, выберите правильные варианты ответов и</p>	ОПК-2.3.1																												

	<p>запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа. Укажите, от чего зависит математическая модель.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Предложений о поведении моделируемой системы;</li> <li>2. Средств (языка) описания системы;</li> <li>3. Методов изучения системы;</li> <li>4. Буквенных обозначений параметров.</li> </ol>	
5	<p>Прочитайте текст и установите последовательность этапов процесса моделирования.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Постановка задачи</li> <li>2 Разработка модели</li> <li>3 Компьютерный эксперимент</li> <li>4 Анализ результатов</li> </ol> <p>Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо.</p>	ОПК-2.У.1

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

#### 11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;

– развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.

– появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;  
– получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;

– научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);

– получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Структура предоставления лекционного материала:

- Формулирование темы, целей и задач
- Изложение материала согласно табл.3 и табл.4
- Выводы и заключение.

#### 11.2. Методические указания для обучающихся по участию в семинарах

Учебным планом не предусмотрено.

#### 11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимися практических занятий:

– закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;

– развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;

– овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;

– выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;

– обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Требования к проведению практических занятий

Для прохождения курса практических занятий студент должен:

- знакомиться с планом проведения каждого занятия;  
- перед каждым занятием изучать теоретический материал, необходимый для выполнения предусмотренных планом заданий, анализировать исследуемые проблемы и готовить вопросы по теме занятия;

- в установленные сроки выполнять индивидуальные практические задания и участвовать в дискуссиях и коллективном решении поставленных задач;

- следовать ходу управляемой дискуссии и указаниям преподавателя.

### Требования к оформлению отчета о практической работе

Титульный лист отчета должен соответствовать шаблону, приведенному в секторе нормативной документации ГУАП <https://guap.ru/standart/doc>

Оформление основной части отчета должно быть оформлено в соответствии с ГОСТ 7.32-2017. Требования приведены в секторе нормативной документации ГУАП <https://guap.ru/standart/doc>

При формировании списка источников студентам необходимо руководствоваться требованиями стандарта ГОСТ 7.0.100-2018. Примеры оформления списка источников приведены в секторе нормативной документации ГУАП. <https://guap.ru/standart/doc>

### 11.4. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

### Задание и требования к проведению лабораторных работ

изучить теоретический материал по теме лабораторной работы;

- выполнить лабораторную работу в соответствии с полученным заданием;
- оформить отчет о лабораторной работе;
- ответить на контрольные вопросы

### Структура и форма отчета о лабораторной работе

В отчет по лабораторной работе должны быть включены следующие пункты:

- титульный лист;
- цель работы;
- краткие теоретические сведения;
- описание экспериментальной установки и методики эксперимента;
- экспериментальные результаты;
- анализ результатов работы;
- выводы.

### Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

*Цель работы* должна отражать тему лабораторной работы, а также конкретные задачи, поставленные студенту на период выполнения работы. По объему цель работы в зависимости от сложности и многозадачности работы составляет от нескольких строк до 0,5 страницы.

*Краткие теоретические сведения.* В этом разделе излагается краткое теоретическое описание изучаемого в работе явления или процесса, приводятся также необходимые расчетные формулы. Материал раздела ограничивается изложением основных понятий и законов, расчетных формул, таблиц, требующихся для дальнейшей обработки полученных экспериментальных результатов. Объем литературного обзора не должен превышать 1/3 части всего отчета.

*Описание экспериментальной установки и методики эксперимента.* В данном разделе приводится схема экспериментальной установки с описанием ее работы и подробно излагается методика проведения эксперимента, процесс получения данных и способ их обработки. Если используются стандартные пакеты компьютерных программ для обработки экспериментальных результатов, то необходимо обосновать возможность и целесообразность их применения, а также подробности обработки данных с их помощью. Для лабораторных работ, связанных с компьютерным моделированием физических явлений и процессов, необходимо в этом разделе описать математическую модель и компьютерные программы, моделирующие данные явления.

*Экспериментальные результаты.* В этом разделе приводятся непосредственно результаты, полученные в ходе проведения лабораторных работ: экспериментально или в результате компьютерного моделирования определенные значения величин, графики, таблицы, диаграммы. Обязательно необходимо оценить погрешности измерений.

*Анализ результатов работы.* Раздел отчета должен содержать подробный анализ полученных результатов, интерпретацию этих результатов на основе физических законов. Следует сравнить полученные результаты с известными литературными данными, обсудить их соответствие существующим теоретическим моделям. Если обнаружено несоответствие полученных результатов и теоретических расчетов или литературных данных, необходимо обсудить возможные причины этих несоответствий.

*Выводы.* В выводах кратко излагаются результаты работы: полученные экспериментально или теоретически значения физических величин, их зависимости от условий эксперимента или выбранной расчетной модели, указывается их соответствие или несоответствие физическим законам и теоретическим моделям, возможные причины несоответствия.

Отчет по лабораторной работе оформляется на бумаге стандартного формата А4 на одной стороне листа, которые сшиваются в скоросшивателе или переплетаются. Допускается оформление отчета по лабораторной работе только в электронном виде средствами Microsoft Office.

Возможно оформлять в конце семестра общий отчет по всему циклу лабораторных работ, посвященных исследованию одного и того процесса разными методами, оформляются также и отдельные отчеты по каждой работе цикла по мере их выполнения. На основе отчетов по каждой работе в конце семестра оформляется итоговый отчет, в котором основное внимание должно быть уделено анализу результатов, полученных в разных лабораторных работах.

Титульный лист отчета должен соответствовать шаблону, приведенному в секторе нормативной документации ГУАП <https://guap.ru/standart/doc>

Оформление основной части отчета должно быть оформлено в соответствии с ГОСТ 7.32-2017. Требования приведены в секторе нормативной документации ГУАП <https://guap.ru/standart/doc>

При формировании списка источников студентам необходимо руководствоваться требованиями стандарта ГОСТ 7.0.100-2018. Примеры оформления списка источников приведены в секторе нормативной документации ГУАП. <https://guap.ru/standart/doc>.

### 11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению курсового проектирования/выполнения курсовой работы

Курсовой проект учебным планом не предусмотрен.

### 11.6. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине.

### 11.7. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Для текущего контроля успеваемости используются вопросы, приведенные в таблице 15.

В течение семестра обучающиеся защищают лабораторные работы (8 шт.).

Все методические указания по прохождению текущего контроля успеваемости выкладываются в личный кабинет <https://pro.guap.ru/>.

Текущий контроль – это регулярная проверка усвоения учебного материала на протяжении семестра. К его достоинствам относятся систематичность, постоянный мониторинг качества обучения, а также возможность балльно-рейтинговой оценки успеваемости студентов. Текущий контроль осуществляется преподавателем в процессе выполнения индивидуальных домашних заданий, ответов на контрольные вопросы, решения практических кейсов или в режиме тренировочного тестирования, с целью получения информации о:

- выполнении обучающимися требуемых действий в процессе учебной деятельности;
- правильности выполнения требуемых действий;
- соответствии формы действия данному этапу усвоения учебного материала;
- формировании действия с должной мерой обобщения, освоения (автоматизированности, быстроты выполнения и др.) и т.д.

Текущий контроль по учебным дисциплинам проводится в пределах учебного времени, отведенного на соответствующую учебную дисциплину как традиционными, так и инновационными методами, включая компьютерные технологии.

### 11.8. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

– экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

В течение семестра для допуска к зачету обучающемуся необходимо сдать не менее 50% лабораторных и практических работ.

Система оценок при проведении текущего контроля и промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с руководящим документом организации РДО ГУАП. СМК 3.76 «Положение о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов и аспирантов, обучающихся по образовательным программам высшего образования в ГУАП» [https://docs.guap.ru/guap/2020/sto\\_smk-3-76.pdf](https://docs.guap.ru/guap/2020/sto_smk-3-76.pdf).

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой