

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ВШТЭ

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Б1.Б.05**

(индекс дисциплины)

**Синтез и анализ технологических схем**

(Наименование дисциплины)

Кафедра: **12** Органическая химия

Код

(Наименование кафедры)

Направление подготовки: **18.04.01 Химическая технология**

Профиль подготовки: **Химическая технология переработки древесины**

Уровень образования: **магистратура**

### План учебного процесса

Составляющие учебного процесса		Очное обучение	Очно-заочное обучение	Заочное обучение
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся (часы)	Всего	<b>108</b>		
	Аудиторные занятия	<b>32</b>		
	Лекции			
	Лабораторные занятия			
	Практические занятия	32		
	Самостоятельная работа	<b>40</b>		
	Промежуточная аттестация	36		
Формы контроля по семестрам (номер семестра)	Экзамен	2		
	Зачет			
<b>Общая трудоемкость дисциплины (зачетные единицы)</b>		<b>3</b>		

Форма обучения:	Распределение зачетных единиц трудоемкости по семестрам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Очная		<b>3</b>								
Очно-заочная										
Заочная										

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным  
государственным образовательным стандартом высшего образования  
по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология

На основании учебных планов № m180401-12\_20

Кафедра-разработчик: Органическая химия

Заведующий кафедрой: Тришин Ю.Г.

**СОГЛАСОВАНИЕ:**

Выпускающая кафедра: Технология бумаги и картона

Заведующий кафедрой: Смирнова Е.Г.

Методический отдел: Смирнова В.Г.

# 1. ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1. Место преподаваемой дисциплины в структуре образовательной программы

Блок 1: Базовая  Обязательная  Дополнительно является факультативом   
Вариативная  По выбору

## 1.2. Цель дисциплины

Сформировать компетенции обучающегося в области химической технологии с точки зрения проектирования процессов.

## 1.3. Задачи дисциплины

- Сформировать прочные знания о методах анализа химико-технологических систем, построении моделей и их программной реализации;
- Рассмотреть основные методы оптимизации действующих и создания новых промышленных химических производств;
- Раскрыть методологические основы анализа химико-технологических систем;
- Рассмотреть методы оптимального синтеза конструкций аппаратов и оптимальной структуры химико-технологических систем.

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

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
ОК-3	готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала	2
<b>Планируемые результаты обучения</b> Знать: 1) основные принципы построения химико-технологических схем различных типов, 2) основные системы управления технологических схем. Уметь: 1) использовать современное программное обеспечение для синтеза и анализа технологических схем, 2) использовать знания в области проектирования технологических схем. Владеть: 1) навыками математического моделирования химико-технологических систем, 2) навыками работы с современными программными продуктами в области синтеза и анализа технологических схем		
ОК-4	способность совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, получать знания в области современных проблем науки, техники и технологии, гуманитарных, социальных и экономических наук	2,3
<b>Планируемые результаты обучения</b> Знать: 1) основные достижения в развитии современных химико-технологических процессов, 2) основные достижения в области моделирования химико-технологических схем. Уметь: 1) ориентироваться в информационном потоке сведений о развитии приоритетных и критических технологий в России, 2) оценивать и выявлять перспективные направления развития химической технологии. Владеть: 1) навыками обработки и систематизации информации о современном состоянии химической технологии, 2) современными методами анализа химико-технологических схем.		

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
ОПК-3	способностью к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов в соответствии с направлением и профилем подготовки	2,3
<b>Планируемые результаты обучения</b> Знать: 1) современное основное оборудование и приборы, использующиеся в химической технологии, 2) Российских и зарубежных поставщиков современного основного химико-технологического оборудования. Уметь: 1) использовать основные известные методы контроля химико-технологических процессов, 2) внедрять новые методы анализа химико-технологических узлов и схем. Владеть: 1) программным обеспечением синтеза и анализа технологических схем, 2) навыками обслуживания основного химико-технологического оборудования.		
ПК-1	способность организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу, разрабатывать планы и программы проведения научных исследований и технических разработок, разрабатывать задания для исполнителей	1,2
<b>Планируемые результаты обучения</b> Знать: 1) основные виды организации научно-исследовательской деятельности, 2) главные этапы составления программы научного исследования. Уметь: 1) разрабатывать планы научно-исследовательской работы, 2) составлять задания для исполнителей научного проекта. Владеть: 1) методологией научно-исследовательской работы на предприятиях химико-технологического профиля и исследовательских организациях, 2) методами координации научной деятельности на предприятии химико-технологического профиля.		

### 1.5. Дисциплины (практики) образовательной программы, в которых было начато формирование компетенций, указанных в п.1.4:

История и методология химической технологии ЦБП (ОК-4);

Дополнительные главы химии основных производств комплексной химической переработки древесины ; Новые направления в химии и технологии лесохимических производств, Современные научные основы проклейки бумаги и картона (ОПК-3)

Теоретические и экспериментальные методы исследования в химии (ОК-3)

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
<b>Учебный модуль 1. Общие представления о химическом производстве</b>			
<b>Тема 1. Химико-технологическая система как структурное подразделение химического производства</b> Общие сведения о проектировании химических производств. Состав и содержание проекта, стадии проектирования.	8		

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
<b>Тема 2. Основные этапы разработки химического производства.</b> Макетирование, автоматизация проектирования, оптимальное проектирование. Выбор оптимальных технологических режимов.	8		
<b>Текущий контроль 1.</b> Коллоквиум 1	2		
<b>Учебный модуль 2. Типовые задачи системотехники химических производств</b>			
<b>Тема 3. Типы химико-технологических схем, систем и связей</b> Классификация химико-технологических систем (ХТС) по структуре и типу функционирования. Иерархические уровни ХТС. Типовые задачи математического моделирования ХТС: анализ, синтез, оптимизация. Модели ХТС. Технологические операторы и технологические связи. Операторные схемы. Классификация рециклов, коэффициент рециркуляции, коэффициент отношения рециркуляции.	7		
<b>Тема 4. Расчет материально-энергетических балансов ХТС</b> Основные способы постановки задачи расчета материальных и тепловых балансов ХТС. Итерационные методы расчёта ХТС. Матричные методы расчета балансов. Классификация параметров, описывающих функционирование ХТС, операционные матрицы, матричная модель ХТС, методы поиска эквивалентной матрицы преобразования	8		
<b>Тема 5. Топологические методы анализа ХТС</b> Основные положения теории графов. Матричное представление графов. Цикломатическая матрица. Дерево графа. Представление структуры ХТС с помощью графа. Поточные графы, информационные графы, сигнальные графы. Циклические потоковые графы (ЦПГ). Построение ЦПГ ХТС, расчет материально-энергетических балансов с использованием ЦПГ. Матрица смежности, список смежности, таблицы связей: использование для определения последовательности расчета элементов разомкнутой ХТС. Структурный анализ замкнутых ХТС. Поиск комплексов на основе P и S – матриц. Определение окончательной последовательности расчета ХТС.	8		
<b>Тема 6. Синтез ХТС</b> Постановка задач синтеза, типовые задачи синтеза. Эвристики для синтеза ХТС. Синтез оптимальной схемы тепло- и массообмена.	7		
<b>Тема 7. Надежность ХТС</b> Определения работоспособности, отказа и надежности ХТС. Формирование множества заданных параметров. Вероятность работоспособности. Алгоритм метода экспертизы работоспособности. Расчет надежности при известных значениях надежности отдельных аппаратов.	6		
<b>Текущий контроль 2.</b> Коллоквиум 2	4		
<b>Учебный модуль 3. Моделирование элементов ХТС</b>			
<b>Тема 8. Математическое моделирование и оптимизация ХТС</b> Метод математического моделирования и его использование при построении моделей элементов ХТС. Блок схема построения математической модели элемента ХТС.	6		
<b>Тема 9. Классификация математических моделей для описания ХТС.</b> Этапы построения математического описания материального и теплового балансов. Обобщенное уравнение массоэнергопереноса. Порядок построения математического описания ХТС различными методами.	6		
<b>Текущий контроль 3.</b> Коллоквиум 3	2		
<b>Промежуточная аттестация по дисциплине:</b> экзамен	<b>36</b>		
<b>ВСЕГО:</b>	<b>108</b>		

### 3. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

#### 3.1. Лекции

Не предусмотрено

#### 3.2. Практические занятия

Номера изучаемых	Наименование	Очное обучение	Очно-заочное обучение	Заочное обучение
------------------	--------------	----------------	-----------------------	------------------

тем	и форма занятий	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	Химико-технологическая система как структурное подразделение химического производства	2	2				
2	Основные этапы разработки химического производства	2	2				
3	Типы химико-технологических схем, систем и связей	2	4				
4	Расчет материально-энергетических балансов ХТС	2	6				
5	Топологические методы анализа ХТС	2	4				
6	Синтез ХТС	2	4				
7	Надежность ХТС	2	2				
8	Математическое моделирование и оптимизация ХТС	2	4				
9	Классификация математических моделей для описания ХТС	2	4				
<b>ВСЕГО:</b>			<b>32</b>				

### 3.3. Лабораторные занятия

Не предусмотрено

## 4. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Не предусмотрено

## 5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Номера учебных модулей, по которым проводится контроль	Форма контроля знаний	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во
1,2,3	Коллоквиум	2	3				

## 6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Виды самостоятельной работы обучающегося	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
Усвоение теоретического материала	2	20				
Подготовка к практическим занятиям	2	20				
Подготовка к экзамену	2	36				
<b>ВСЕГО:</b>		<b>36+40</b>				

## 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

### 7.1. Характеристика видов и используемых инновационных форм учебных занятий

Не предусмотрено

### 7.2. Система оценивания успеваемости и достижений обучающихся для промежуточной аттестации

традиционная

балльно-рейтинговая

## 8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 8.1. Учебная литература

#### а) основная учебная литература

1. Технология полимеров медико-биологического назначения. Полимеры природного происхождения [Электронный ресурс]: учебное пособие/ М.И. Штильман [и др.].— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2016.— 329 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/42304>.— ЭБС «IPRbooks»
2. Процессы и аппараты химической технологии [Электронный ресурс]: общий курс/ В.Г. Айнштейн [и др.].— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014.— 1759 с.- Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/26127>.— ЭБС «IPRbooks»

#### б) дополнительная учебная литература

3. Луценко, О.В. Технологические процессы, производства и оборудование [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Луценко О.В.— Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2012.— 90 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/28408>.— ЭБС «IPRbooks»
4. Закгейм, А.Ю. Общая химическая технология. Введение в моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Закгейм А.Ю.— М.: Логос, 2012.— 304 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9103>.— ЭБС «IPRbooks»

### 8.2. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Комков Б.Р. Системный анализ в химической технологии [Текст]: / Б.Р. Комков – Иркутск: Новая литература, 2008. – 210 с.

### 8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины

1. Электронная библиотечная система «IPRbooks» URL: <http://www.iprbookshop.ru>

### 8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем:

1. Microsoft Windows 8.1
2. Microsoft Office Professional 2013

### 8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Лекционная аудитория с мультимедийным учебным комплексом (ноутбук, медиапроектор).
2. Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду.

### 8.6. Иные сведения и (или) материалы

Не предусмотрено

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся	Организация деятельности обучающегося
Практические занятия	Закрепление теоретических знаний; овладение умениями и навыками, предусмотренными целями конкретной темы или раздела программы; ознакомление с новыми методами исследования; изучение на практике методов научных исследований; развитие инициативы и самостоятельности в работе.
Самостоятельная работа	Данный вид работы предполагает расширение и закрепление знаний, умений и навыков, усвоенных на практических занятиях путем самостоятельной проработки учебно-методических материалов по дисциплине и другим источникам информации, подготовки к коллоквиумам и экзамену. Самостоятельная работа выполняется индивидуально, а также может

Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся	Организация деятельности обучающегося
	проводиться при участии преподавателя. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации или практическом занятии. При подготовке к экзамену необходимо проработать конспекты практических занятий, рекомендуемую литературу, получить консультацию у преподавателя.

## 10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 10.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

#### 10.1.1. Показатели оценивания компетенций на этапах их формирования

Код компетенции (этап освоения)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
ОК-3 (2)	1) Воспроизводит основные принципы построения химико-технологических схем различных типов. 2) Использует современное программное обеспечение для синтеза и анализа технологических схем. 3) Применяет навыки математического моделирования химико-технологических систем.	1. Устное собеседование 2. Практическое задание	1. Перечень вопросов к экзамену (29 вопросов) 2. Практические задания (6 заданий)
ОК-4 (2,3)	1) Ориентируется в информационном потоке сведений о развитии приоритетных и критических технологий в России. 2) Оценивает и выявляет перспективные направления развития химической технологии. 3) Применяет навыки обработки и систематизации информации о современном состоянии химической технологии.	1. Устное собеседование 2. Практическое задание	1. Перечень вопросов к экзамену (29 вопросов) 2. Практические задания (6 заданий)
ОПК-3 (2,3)	1) Ориентируется в современном основном оборудовании и приборах, используемых в химической технологии. 2) Использует основные известные методы контроля химико-технологических процессов, 3) Использует программное обеспечение синтеза и анализа технологических схем, навыки обслуживания основного химико-технологического оборудования.	1. Устное собеседование 2. Практическое задание	1. Перечень вопросов к экзамену (29 вопросов) 2. Практические задания (6 заданий)
ПК-1 (1,2)	1) Приводит основные виды организации научно-исследовательской деятельности, главные этапы составления программы научного исследования. 2) Способен разрабатывать планы научно-исследовательской работы. 3) Применяет методологию научно-исследовательской работы на предприятиях химико-технологического профиля и исследовательских	1. Устное собеседование 2. Практическое задание	1. Перечень вопросов к экзамену (29 вопросов) 2. Практические задания (6 заданий)



Код компетенции (этап освоения)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
	организациях, методы координации научной деятельности на предприятии химико-технологического профиля.		

### 10.1.2. Описание шкал и критериев оценивания сформированности компетенций

#### Критерии оценивания сформированности компетенций

Оценка по традиционной шкале	Критерии оценивания сформированности компетенций
	Устное собеседование
отлично	Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий знание моделирования химико-технологических процессов и компьютерных технологий, а также широкую эрудицию в оцениваемой области. Могут присутствовать несущественные ошибки, не связанные с сутью обсуждаемой проблемы. Критический, оригинальный подход к материалу.
хорошо	Ответ стандартный, в целом качественный, основан на всех обязательных источниках информации (материалы практических занятий, рекомендованная литература). Присутствуют небольшие пробелы в знаниях или несущественные ошибки, большая часть которых может быть исправлена самостоятельно при устном собеседовании с преподавателем.
удовлетворительно	Ответ неполный, основанный только на материалах лекций. При понимании сущности предмета в целом – существенные ошибки или пробелы в знаниях сразу по нескольким темам, незнание (путаница) важных терминов.
неудовлетворительно	Неспособность ответить на вопрос без помощи экзаменатора. Незнание значительной части принципиально важных элементов дисциплины. Многочисленные грубые ошибки. Неспособность интерпретировать наблюдаемые или описываемые явления с позиций основных положений изученной дисциплины (вне зависимости от успешности выполненного письменного задания).

### 10.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

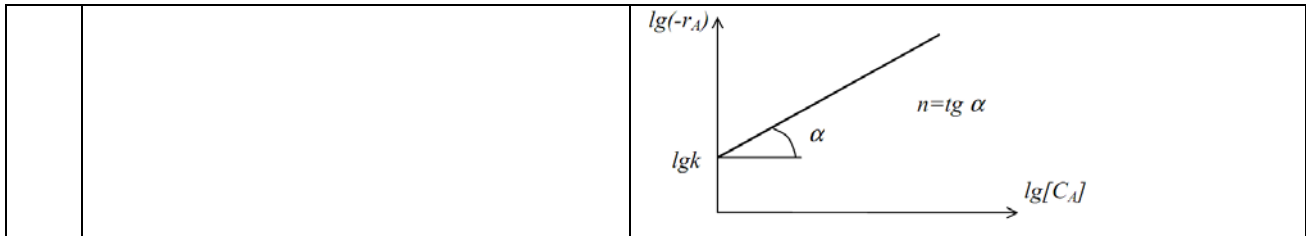
#### 10.2.1. Перечень вопросов к экзамену, разработанный в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Формулировка вопросов	№ темы
1	Иерархическая структура современного химического предприятия. Химико-технологическая система как большая система.	1
2	Основные положения системного анализа.	1
3	Физико-химическая система.	1
4	Автоматизированные системы научных исследований.	2
5	Автоматизированное проектирование.	2
6	Автоматизированные системы управления технологическим процессом.	2
7	Математическое моделирование ХТС.	3
8	Классификация моделей. Виды моделирования (физическое, математическое).	3
9	Классификация математических моделей.	3
10	Принципы математического моделирования процессов химической технологии. Исследование химико-технологических процессов методом математического моделирования.	3
11	Блочный принцип построения математической модели ХТС. Этапы построения математической модели ХТС.	3
12	Основные способы постановки задачи расчета материальных и тепловых балансов ХТС.	4
13	Итерационные методы расчёта ХТС. Матричные методы расчета балансов.	4

14	Классификация параметров, описывающих функционирование ХТС, операционные матрицы, матричная модель ХТС, методы поиска эквивалентной матрицы преобразования	4
15	Основные положения теории графов. Матричное представление графов. Цикломатическая матрица. Дерево графа.	5
16	Представление структуры ХТС с помощью графа. Поточковые графы, информационные графы, сигнальные графы.	5
17	Циклические потоковые графы (ЦПГ). Построение ЦПГ ХТС, расчет материально-энергетических балансов с использованием ЦПГ.	5
18	Матрица смежности, список смежности, таблицы связей: использование для определения последовательности расчета элементов разомкнутой ХТС.	5
19	Структурный анализ замкнутых ХТС. Поиск комплексов на основе P и S –матриц. Определение окончательной последовательности расчета ХТС.	5
20	Постановка задач синтеза, типовые задачи синтеза.	6
21	Эвристики для синтеза ХТС.	6
22	Синтез оптимальной схемы тепло- и массообмена.	6
23	Определения работоспособности, отказа и надежности ХТС. Формирование множества заданных параметров.	7
24	Вероятность работоспособности. Алгоритм метода экспертизы работоспособности. Расчет надежности при известных значениях надежности отдельных аппаратов.	7
25	Метод математического моделирования и его использование при построении моделей элементов ХТС.	8
26	Блок схема построения математической модели элемента ХТС.	8
27	Этапы построения математического описания материального и теплового балансов.	9
28	Обобщенное уравнение массоэнергопереноса.	9
29	Порядок построения математического описания ХТС различными методами.	9

### 10.2.2 Вариант типовых заданий (задач), разработанных в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Условия типовых заданий	Ответ
1	<p>На примере системы реакций первого порядка</p> $A \xrightleftharpoons[k_3]{k_1} B \xrightarrow{k_2} C$ <p>составьте математическую модель кинетики химического процесса в соответствии с исходными данными:  <math>k_1 = 1,5</math> [1/с]; <math>k_2 = 0,5</math> [1/с]; <math>k_3 = 0,1</math> [1/с];  <math>C_{a0} = 100</math> [моль/л]; <math>C_{b0} = C_{c0} = 0</math>.</p>	$\begin{cases} \frac{dC_a}{dt} = -k_1 \cdot C_a + k_3 \cdot C_b \\ \frac{dC_b}{dt} = k_1 \cdot C_a - k_3 \cdot C_b - k_2 \cdot C_b \\ \frac{dC_c}{dt} = k_2 \cdot C_b \end{cases}$ <p>с начальными условиями при <math>t = 0</math>, <math>C_{a0} = 100</math> [моль/л], <math>C_{b0} = C_{c0} = 0</math>.</p>
2	<p>Графически определите кинетические параметры уравнения модели кинетики процесса <math>aA + bB \rightarrow cC</math>.</p>	<p>Дифференциальное уравнение скорости реакции имеет вид</p> $-r_A = \frac{dC_A}{d\tau} = k C_A^a C_B^b$ <p>Полагая <math>a + \epsilon = n</math> и приняв <math>[CA] = [CB]</math>, после логарифмирования получим выражение</p> $-\lg r_A = (\lg k + n \lg [C_A]).$ <p>Искомый график выглядит следующим образом</p>



**10.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности), характеризующих этапы формирования компетенций**

**10.3.1. Условия допуска обучающегося к сдаче экзамена и порядок ликвидации академической задолженности**

Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся

**10.3.2. Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине**

устная  письменная  компьютерное тестирование  иная\*

**10.3.3. Особенности проведения экзамена**

- Возможность пользоваться справочными таблицами, калькулятором;
- Время на подготовку ответа по билету 40 минут, время ответа на билет не более 10 минут.
- Письменный конспект подготовки по билету может быть использован при обязательном устном собеседовании.