

Документ подписан простой электронной подписью.  
Информация о владельце:

ФИО: Максимов Алексей Борисович

Должность: директор департамента по образовательной политике

Дата подписания: 22.09.2023 14:55:36

Уникальный программный ключ:

8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования**

**Московский политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета  
химической технологии и биотехнологии

/ С.В. Белуков /

« 31 августа » 2020 г.



**Рабочая программа дисциплины  
«Реология полимеров»**

Направление подготовки

**18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической  
технологии, нефтехимии и биотехнологии»**

Профиль

**«Техника и технология полимерных материалов»  
(набор 2020 г.)**

Квалификация (степень) выпускника

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

Москва 2020

## 1. Цели освоения дисциплины.

К **основным целям** освоения дисциплины «**Реология полимеров**» следует отнести подготовку студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по данному направлению, в том числе формирование умений по выявлению необходимых усовершенствований, разработке и использованию новых, наукоемких технологий изготовления изделий, основанных методах физико-химической обработки (ФХО).

К **основным задачам** освоения дисциплины «**Реология полимеров**» следует отнести

– формирование знаний о количественном описании реологических свойств полимерных материалов в вязко-текучем состоянии, соответствующим условиям переработки полимеров; с инженерными методами расчетов простейших элементов конструкций из полимерных материалов и с методами математического описания поведения полимерных материалов в вязко-текучем состоянии;

– подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по направлению, позволяет в том числе сформировать умения по освоению методики расчетов простейших элементов конструкций из полимерных материалов и с методами математического описания поведения полимерных материалов в вязко-текучем состоянии.

– разработку общих принципов и предложений, исходя из которых, возможно получение количественных соотношений между измеряемыми величинами.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата.

Дисциплина «**Реология полимеров**» относится к числу дисциплин базовой части Блока (Б1) «Дисциплины (модули)» и входит в основную образовательную программу подготовки бакалавра по направлению подготовки 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», профиль «Техника и технология полимерных материалов» очной формы обучения.

«**Реология полимеров**» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

*В базовой части блока (Б1):*

- Физика;
- Химия и физическая химия;
- Механика и технологии;
- Алгоритмы решений нестандартных задач;

*В вариативной части базового цикла (Б1):*

- Основы материаловедения металлов и пластмасс.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-7	способностью применять знания математики, физики и естествознания, химии и материаловедения теории управления и информационные технологии в инновационной деятельности	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Теоретические основы механики жидкостей;</li> <li>• Гидромеханики;</li> <li>• Гидростатики и кинематики вязких жидкостей</li> <li>• Влияние состава полимерной системы на ее реологическое поведение;</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Анализировать основные физико-химические процессы, протекающие в полимерных системах в процессах деформирования при получении изделий</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Экспериментальными определениями и оценками реологических характеристик полимерных систем</li> </ul>
ПК-10	способностью спланировать необходимый эксперимент, получить адекватную модель и исследовать ее	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Особенности деформирования (течения) ньютоновских и неньютоновских вязкоупругих жидкостей (полимерных систем);</li> <li>• Влияние внешних сил на реологическое поведение внешних сил;</li> <li>• Особенности влияния температуры на поведение полимерных систем;</li> <li>• Кривые течения основных реологических систем и область их переработки;</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Управлять основными физико-химическими процессами, протекающими в ПМ при формировании изделий</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Аналитическими и графическими приемами обработки результатов испытаний</li> </ul>

#### 4. Структура и содержание дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, т.е. 72 академических часов (из них 36 часов – самостоятельная работа студентов).

Дисциплина читается на третьем курсе в шестом семестре, в том числе аудиторных занятий – 36 часов, из них лекций – 18 часов (1 часа в неделю), лабораторные работы – 18

часов (1 час в неделю) час в неделю (18 часов), форма промежуточной аттестации – экзамен

Структура и содержание дисциплины «Реология полимеров» по срокам и видам работы отражены в приложении.

## Содержание разделов дисциплины

### Шестой семестр

#### *Вводная часть*

#### *Основные понятия.*

Простейшие представления о структуре и свойствах твердых полимерных материалов. Классификация полимеров. Термомеханические характеристики.

#### *Релаксационные процессы в полимерных материалах.*

Ползучесть. Идеальная и реальная кривая ползучести. Прямое и обратное последствие. Понятие о линейной и нелинейной ползучести. Изохроны линейноползучего и нелинейноползучего материала. Время релаксации.

#### *Основы линейной вязкоупругости.*

Элементы механических моделей вязкоупругих тел. Модели Максвелла, Кельвина, Максвелла-Томпсона. Вывод результатов уравнения состояния моделей и их исследование в условиях ползучести и релаксации.

#### *Расчет простейших конструкций из вязкоупругого материала.*

Центральное растяжение – сжатие стержня. Чистый прямой изгиб балки. Свободное кручение бруса круглого поперечного сечения. Продольный изгиб сжатого стержня.

#### *Расчет конструкций из вязкоупругого материала в условиях сложного напряженного состояния.*

Обобщение уравнения состояния модели Максвелла - Томпсона на случай сложного напряженного состояния. Расчет тонкостенной оболочки вращения из вязко-упругого материала под действием нормального равномерно распределенного давления.

#### *Наследственная теория линейной вязкоупругости.*

Основной упрощенный закон линейного деформирования. Физический смысл ядра и резольвенты. Выбор ядра интегрального уравнения наследственной теории вязкоупругости. Типы ядер. Принцип Вольтерра.

#### *Длительная прочность полимерных материалов.*

Долговечность. Предел длительной прочности. Определение долговечности по формуле Журкова и спомощьюБейли. Температурно- временная аналогия прочностных свойств полимерных материалов.

#### *Основные понятия реологии полимеров в вязко-текучем состоянии.*

Предмет (объект исследования) реологии. Внешние силы-поверхностные и объемные. Внутренние поверхностные силы, действующие силы, действующие в сплошном теле. Напряжения. Тензор напряжения. Частные случаи напряженного состояния. Понятие о деформации сплошного тела. Однородная деформация. Тензор деформации. Частные случаи однородной деформации. Законы деформации(реологическое уравнение). Феноменологический и статистический подходы к изучению законов деформации. Основные реологические свойства – упругость, вязкость и пластичность. Значение реологии в теории процессов переработки полимеров.

#### *Простейшие модели сплошной среды.*

Тело Гука, вязкая ньютоновская жидкость, пластическое тело Сен-Венана. Их реологические уравнения. Модели вязкой и вязко-пластической среды. Вязко-пластические тела Шведова и Бингама, их реологические уравнения.

#### *Нелинейные модели вязкопластических жидкостей.*

Нелинейные упругие тела и вязкие жидкости. Некоторые виды кривой течения неньютоновских жидкостей. Кривая течения Оствальда. «Степенной закон» течения. Кажущаяся жидкость. Различные виды реологических уравнений жидкостей и их кривые течения в обычных логарифмических координатах. Тиксотропия, антистиксотропия(общие понятия и отличие от нормали вязкости).

#### *Задачи о течении расплава полимеров.*

Напорное изометрическое течение несжимаемой неупругой жидкости с произвольной кривой течения в плоской неограниченной щели с неподвижными стенками и в круглой трубе (распределение скоростей частиц потока и зависимость расхода от перепада давления). Частные случаи этих задач при конкретном уравнении жидкости (ньютонова жидкость, жидкость со «степенным законом» течения, бингамово тело). Течение в конической трубе. Общие замечания о распространении решения рассмотренных задач на случай переменного сечения каналов. Течения Куэтта между коаксиальными цилиндрами. Зависимость между моментом и угловой скоростью в общем виде. Частный случай при течении в зазоре жидкости с «степенным законом течения».

Течения в зазоре между конусом и пластиной. Зависимость между угловой скоростью и моментом. Определение скорости сдвига и напряжения.

#### *Экспериментальные методы реологии.*

Эксперимент, как единственное средство изучения законов деформации реальных тел в рамках феноменологической реологии. Роль продолжительности наблюдения. Квазистатические и динамические режимы испытаний. Проявление нелинейности реологических уравнений при квазистатических испытаниях вязкоупругости при динамических испытаниях. Приборы для реологических исследований (реометры) – испытательные машины и вискозиметры. Виды напряженного состояния образца. Создаваемые в реометрах, принцип работы капиллярных и ротационных вискозиметров. Капиллярный вискозиметр. Вискозиметры постоянного давления и постоянной скорости истечения. Построение кривой течения в «консистентных переменных» и (по формуле Рабиновича) в истинных значениях скорости капилляров. Ротационные вискозиметры. Разновидности и зависимости от формы измерительных поверхностей. Разновидность по способу обеспечения условий испытаний (постоянного момента или постоянной скорости

вращения). Ротационные вискозиметры «цилиндр- цилиндр» и «конус-плоскость». Методы расчета краевых эффектов.

#### *Реологические свойства полимеров.*

Особенности молекулярного строения полимеров. Физическая картина деформации аморфного и кристаллического полимера в вязко-текучем состоянии. Зависимость вязкости полимеров от температуры, давления, молекулярной массы. Универсальная кривая течения полимеров.

#### *Вязкоупругость при переработке.*

Проявление вязкоупругости при переработке полимеров. Экспериментальные факты, характеризующие специфичность реологических свойств полимеров (эластическая турбулентность и методы ее устранения, разбухания струн, ориентация макромолекул, эффект Вайсенберга).

#### *Экологические аспекты дисциплины.*

Деструкция полимеров. Влияние деформации на процесс разложения полимеров. Вязкозиметрические методы оценки молекулярной массы деструктированных полимеров (Метод Куна). Деформационное воздействие, как метод к ускорению процесса деструкции отходов полимеров. Инженерный подход к решению данных задач.

### **Лабораторный практикум**

<i>№ n/n</i>	<i>Наименование лабораторных работ.</i>
1	Определение прочностных характеристик кристаллических и аморфных полимерных материалов.
2	Определение термомеханических характеристик кристаллических и аморфных полимеров.
3	Исследование процесса ползучести полимерных материалов в условиях одноосного напряженного состояния. Построение кривых ползучести и изохрон.
4	Исследование текучести расплавов полимеров на капиллярном вискозиметре.
5	Определение кривой течения расплавов полимеров на ротационном вискозиметре «конус-плоскость».
6	Определение кривой течения расплавов полимеров на ротационном вискозиметре «Цилиндр - цилиндр».

### **5. Образовательные технологии.**

Методика преподавания дисциплины «**Реология полимеров**» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков у обучающихся:

- подготовка к выполнению лабораторных работ в лабораториях вуза;
- обсуждение и защита рефератов по дисциплине;
- подготовка, представление и обсуждение презентаций на семинарских занятиях;

– организация и проведение текущего контроля знаний студентов в форме бланкового тестирования;

– проведение мастер-классов экспертов и специалистов по методам и средствам реологических измерений, испытаний и контроля.

Удельный вес занятий, проводимых в активных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины «**Реология полимеров**» и в целом по дисциплине составляет 50% аудиторных занятий. Занятия лекционного типа составляют 50% от объема аудиторных занятий.

## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.**

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов:

- подготовка к выполнению лабораторных работ и их защита.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы для контроля освоения обучающимися разделов дисциплины, защиту лабораторных работ.

Контрольные вопросы для проведения текущего контроля, образцы экзаменационных билетов приведены в приложении 3.

### **6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.**

#### **6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.**

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

<b>Код компетенции</b>	<b>В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать</b>
ОПК-7	способностью применять знания математики, физики и естествознания, химии и материаловедения теории управления и информационные технологии в инновационной деятельности
ПК-10	способностью спланировать необходимый эксперимент, получить адекватную модель и исследовать ее

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин, практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

### 6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины, описание шкал оценивания

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине.

ОПК-7 - способностью применять знания математики, физики и естествознания, химии и материаловедения теории управления и информационные технологии в инновационной деятельности				
Показатель	Критерии оценивания			
	2	3	4	5
<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Теоретические основы механики жидкостей;</li> <li>· Гидромеханики;</li> <li>· Гидростатики и кинематики вязких жидкостей</li> <li>· Влияние состава полимерной системы на ее реологическое поведение;</li> </ul>	<p>Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний:</p> <p>Основных понятий предмета реологии</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: Основных понятий предмета реологии. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: Основных принципов и функций дисциплины реологии, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при практическом применении</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: Основных принципов предмета реологии, свободно оперирует приобретенными знаниями.</p>



<p><b>уметь:</b> Анализировать основные физико-химические процессы, протекающие в полимерных системах в процессах деформирования при получении изделий</p>	<p>Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет выполнять расчеты по оценке вязкотекучего состояния ПМ</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: выполнять расчеты по оценке эффективной вязкости ПМ. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: выполнять расчеты напряженного состояния образцов ПМ. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при описании деформационного состояния ПМ</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: выполнять расчеты напряженно-деформационного состояния. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в инженерных расчетах</p>
<p><b>владеть:</b> Экспериментальными определениями и оценками реологических характеристик полимерных систем</p>	<p>Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методами и методиками расчета экспериментальных реологических характеристик ПМ</p>	<p>Обучающийся владеет методами и методиками расчета экспериментальных реологических характеристик ПМ в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в исследовании новых ПМ.</p>	<p>Обучающийся частично владеет методами и методиками расчета экспериментальных реологических характеристик ПМ, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при расчете напряженного деформационного состояния ПМ.</p>	<p>Обучающийся в полном объеме владеет методами и методиками расчета экспериментальных реологических характеристик ПМ, свободно применяет полученные навыки в расчете напряженного деформационного состояния ПМ</p>
<p>ПК-10 способностью спланировать необходимый эксперимент, получить адекватную модель и исследовать ее</p>				

<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Особенности деформирования (течения) ньютоновских и неньютоновских вязкоупругих жидкостей (полимерных систем);</li> <li>• Влияние внешних сил на реологическое поведение внешних сил;</li> <li>• Особенности влияния температуры на поведение полимерных систем;</li> <li>• Кривые течения основных реологических систем и область их переработки;</li> </ul>	<p>Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: особенностей деформирования (течения) ньютоновских и неньютоновских и вязкоупругих жидкостей (полимерных систем);</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Влияние внешних сил на реологическое поведение ПМ;</li> <li>• Особенности влияния температуры на поведение полимерных систем;</li> <li>• Характера кривых течения основных реологических систем</li> </ul>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: особенностей деформирования (течения) ньютоновских и неньютоновских вязкоупругих жидкостей (полимерных систем);</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Влияние внешних сил на реологическое поведение ПМ;</li> <li>• Особенности влияния температуры на поведение полимерных систем;</li> <li>• Характера кривых течения основных реологических систем.</li> </ul> <p>Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: особенностей деформирования (течения) ньютоновских и неньютоновских вязкоупругих жидкостей (полимерных систем);</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Влияние внешних сил на реологическое поведение ПМ;</li> <li>• Особенности влияния температуры на поведение полимерных систем;</li> <li>• Характера кривых течения основных реологических систем</li> </ul>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: особенностей деформирования (течения) ньютоновских и неньютоновских вязкоупругих жидкостей (полимерных систем);</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Влияние внешних сил на реологическое поведение ПМ;</li> <li>• Особенности влияния температуры на поведение полимерных систем;</li> <li>• Характера кривых течения основных реологических систем</li> </ul>
---	---	---	---	--

<p><b>уметь:</b> •Управлять основными физико-химические процессами, протекающими в ПМ при формовании изделий</p>	<p>Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет управлять основными физико-химические процессами, протекающим и в ПМ при формовании изделий</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: управлять основными физико-химические процессами, протекающими в ПМ при формовании изделий. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: управлять основными физико-химические процессами, протекающими в ПМ при формовании изделий. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: управлять основными физико-химические процессами, протекающими в ПМ при формовании изделий. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в нестандартных ситуациях.</p>
--	---	---	--	--

<p><b>владеть:</b> Аналитическим и и графическими приемами обработки результатов испытаний</p>	<p>Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет аналитическим и и графическими приемами обработки результатов испытаний</p>	<p>Обучающийся владеет аналитическими и графическими приемами обработки результатов испытаний в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками определения показателя текучести, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении изученных навыков.</p>	<p>Обучающийся частично владеет аналитическими и графическими приемами обработки результатов испытаний, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при переносе умений на новые, нестандартные ситуации.</p>	<p>Обучающийся в полном объеме владеет аналитическими и графическими приемами обработки результатов испытаний, свободно применяет полученные навыки в различных нестандартных ситуациях.</p>
--	---	---	---	--

### 6.1.3. Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

#### ***Форма промежуточной аттестации: экзамен.***

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине, при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

*К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Реология полимеров» – прошли промежуточный контроль, выполнили лабораторные работы, выступили с докладом.*

<b>Шкала оценивания</b>	<b>Описание</b>
<i>Отлично</i>	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
<i>Хорошо</i>	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.
<i>Удовлетворительно</i>	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.
<i>Неудовлетворительно</i>	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

**Фонды оценочных средств представлены в приложении 2 к рабочей программе.**

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.**

### ***а) основная литература:***

1. Технология полимерных материалов: Учеб.пособие / А.Ф. Николаев, В.К. Крыжановский, В.В. Бурлов и др.; под общ. Ред. В.К. Крыжановского. – СПб.: Профессия, 2008. – 544 с.
2. Реология. Концепции, методы, приложения. А. Я.Малкин . – СПб.: Профессия, 2009. – 500 с.
3. Кулезнев В.Н. Молекулярная механика полимеров (восемь иллюстраций) Учебное пособие по курсу «Структура и механические свойства полимеров». М., МГАТХТ им. М.В. Ломоносова. 2010, 62 с.

**б) дополнительная литература:**

1. Справочник по технологии изделий из пластмасс / Под ред. Г.В. Сагалаева, В.В. Абрамова, В.Н. Кулезнева. - М.: Химия, 2000. - 424 с.

**в) методические указания для проведения лабораторных и практических работ:**

1. Бердышев Б.В., Скопинцев И.В. Определение вязкости ньютоновских жидкостей: Методические указания. М.: МГУИЭ, 2009, 16 с.
2. Аналитические приборы, Мак-Махон Дж., – СПб.: Профессия, 2009. – 352 с.
3. Беляев П.С., Клинков А.С., Минкин Е.В., Маликов О.Г., Однолько В.Г. Реология полимерных систем. Избранные главы. М., Изд. дом «Спектр», 2010, 247 с.

**г) программное обеспечение и интернет-ресурсы:**

Программное обеспечение не предусмотрено.

Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте Мосполитеха в разделе:

- «Библиотека. Электронные ресурсы»

<https://lib.mospolytech.ru/lib/content/elektronnyy-katalog>

- «Библиотека. Электронно-библиотечные системы»

<https://lib.mospolytech.ru/lib/ebs>

<http://materiall.ru/>

[http://www.zodchii.ws/downloads/zodchii/himiya/arzamasov\\_-\\_materialovedenie.zip](http://www.zodchii.ws/downloads/zodchii/himiya/arzamasov_-_materialovedenie.zip)

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Лекционные аудитории кафедры (АВ1704, АВ1810, АВ1101), оснащенные мультимедийными проекторами для показа видеофильмов, слайдов, презентаций. Для проведения лабораторного практикума по дисциплине в лабораториях кафедры (АВ1101, АВ1810, АВ1704) имеется следующее оборудование: пластограф Брабендер, прибор ИИРТ, пластограф Noselab, двухшнековый смеситель Collin, универсальную испытательную машину, вискозиметры (капиллярный, типа “конус-плоскость”, типа “цилиндр- цилиндр”)

## **9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое усвоение студентами вопросов деформационного поведения полимерных материалов и их течение при различных режимах работы оборудования.

Разработка рекомендации для расчета формующей оснастки.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия

**Задачи самостоятельной работы студента:**

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;
- освоение содержания дисциплины;
- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к экзамену.

**Виды внеаудиторной самостоятельной работы:**

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к лекционным занятиям;
- подготовка к лабораторным работам;
- выполнение домашних заданий по закреплению тем.

Для выполнения любого вида самостоятельной работы необходимо пройти следующие этапы:

- определение цели самостоятельной работы;
- конкретизация познавательной задачи;
- самооценка готовности к самостоятельной работе;
- выбор адекватного способа действия, ведущего к решению задачи;
- планирование работы (самостоятельной или с помощью преподавателя) над заданием;
- осуществление в процессе выполнения самостоятельной работы самоконтроля (промежуточного и конечного) результатов работы и корректировка выполнения работы;
- презентация работы.

#### **Вопросы, выносимые на самостоятельную работу**

1. Молекулярно – кинетическая теория вязкотекучего состояния полимеров. (ОПК-7)
2. Основные схемы организации течения (ПК-10)
3. Уравнения реологического состояния (ОПК-7)
4. Графическое представление уравнений реологического состояния (ОПК-7)
5. Экспериментальное исследование реологических свойств полимерных композиций (ПК-10)
6. Наложение различных физико-химических процессов на стационарные реологические потоки и эффекты взаимодействия (ОПК-7)
7. Реология в технологических процессах переработки полимерных материалов (ПК-10)

#### **10. Методические рекомендации для преподавателя**

Основное внимание при изучении дисциплины «Реология полимеров» следует уделять изучению напряженно-деформационного состояния полимеров, изучению термомеханических кривых полимерных материалов, течения в каналах различного сечения. Практическому применению полученных знаний при расчетах оборудования.

Теоретическое изучение основных вопросов разделов дисциплины должно завершаться практической работой.

Для активизации учебного процесса при изучении дисциплины эффективно применение презентаций по различным темам лекций и лабораторных и практических работ.

Для проведения занятий по дисциплине используются средства обучения:

- учебники и учебные пособия, информационные ресурсы Интернета;
- справочные материалы и нормативно-техническая документация;
- разработанные презентации по различным разделам курса;
- видеоматериалы для закрепления полученной на лекциях информации;
- методические указания для выполнения лабораторных работ.

#### **ПРИЛОЖЕНИЯ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ**

- Структура и содержание дисциплины (Приложение 1);
- Аннотация рабочей программы дисциплины (Приложение 2);
- Фонд оценочных средств (Приложение 3)





	Центральное растяжение-сжатие стержня. Чистый прямой изгиб балки. Свободное кручение бруса круглого поперечного сечения.													
3	<i>Основные понятия реологии полимеров в вязко-текучем состоянии.</i> Предмет (объект исследования) реологии. Внешние силы, поверхностные и объемные. Внутренние поверхностные силы действующие в сплошном теле. Напряжения. Тензор напряжений. Частные случаи напряженного состояния. Понятие о деформации сплошного тела. Однородная деформация. Тензор деформации. Частные случаи однородной деформации. Законы деформации (реологическое уравнение). Феноменологический и статистический подходы к изучению законов деформации. Основные реологические свойства – упругость, вязкость и пластичность. Значение реологии в теории процессов переработки полимеров.	6	5-6	2		2	4							
4	<i>Простейшие модели сплошной среды.</i> Тело Гука, вязкая ньютоновская жидкость, пластическое тело Сен-Венана. Их реологические уравнения. Модели вязкой и вязкопластической среды. Вязко-пластические тела Шведова и Бингама, их реологические уравнения.	6	7-8	2		2	4							
5	<i>Нелинейные модели вязкопластических жидкостей.</i> Нелинейные упругие тела и вязкие жидкости. Некоторые виды кривой течения неньютоновских жидкостей. Кривая течения Оствальда де-Вилля.	6	9-10	2		2	4							

	«Степенной закон» течения. Эффективная (кажущаяся) вязкость. Различные виды реологических уравнений жидкостей и их кривые течения в обычных и логарифмических координатах. Тиксотропия, антитиксотропия (общие понятия и отличие от аномалии вязкости).													
6	<p><i>Задачи о течении расплава полимеров.</i></p> <p>Напорное изотермическое течение несжимаемой неупругой жидкости с произвольной кривой течения в плоской неограниченной щели с неподвижными стенками и в круглой трубе (распределение скоростей частиц потока и зависимость расхода от перепада давления). Частные случаи этих задач при конкретном уравнении жидкости (ньютонова жидкость, жидкость со «степенным законом» течения, бингамово тело).</p> <p>Течение в конической трубе. Общие замечания о распространении решения рассмотренных задач на случай переменного сечения каналов. Течение Куэтта между коаксиальными цилиндрами. Зависимость между моментом и угловой скоростью в общем виде. Частный случай при течении в зазоре жидкости с «степенным законом течения».</p> <p>Течения в зазоре между конусом и пластиной. Зависимость между угловой скоростью и моментом. Определение скорости сдвига и напряжения</p>	6	11-12	2		2	4							
7	<p><i>Экспериментальные методы реологии.</i></p> <p>Эксперимент, как средство изучения законов деформации реальных вязких сред. Цели проведения экспериментальных реологических</p>	6	13-14	2		2	4							

	<p>исследований. Основные виды приборов для проведения реологических исследований: капиллярные и ротационные вискозиметры. Схема устройства и принцип работы капиллярного вискозиметра. Замеряемые и рассчитываемые параметры. Основные расчетные зависимости.</p> <p>Схема устройства и принцип работы ротационного вискозиметра типа «конус-плоскость». Замеряемые и рассчитываемые параметры. Основные расчетные зависимости.</p> <p>Схема устройства и принцип работы ротационного вискозиметра типа «цилиндр-цилиндр». Замеряемые и рассчитываемые параметры. Основные расчетные зависимости.</p> <p>Автоматизированная обработка результатов вискозиметрических испытаний с целью нахождения параметров реологических уравнений состояния и построения кривых течения испытуемых полимеров.</p>														
8	<p><i>Реологические свойства полимеров.</i> Особенности молекулярного строения полимеров. Физическая картина деформации аморфного и кристаллического полимера в вязкотекучем состоянии. Зависимость вязкости полимеров от температуры, давления, молекулярной массы. Универсальная кривая течения полимеров.</p> <p><i>Вязкоупругость при переработке полимеров.</i> Проявление вязкоупругости при переработке полимеров. Экспериментальные факты, характеризующие специфичность реологических</p>	6	15-16	2	2	4									

	свойств полимеров (эластическая турбулентность и методы ее устранения, разбухание струи, ориентация макромолекул, эффект Вайссенберга).													
9	<i>Экологические аспекты дисциплины.</i> Деструкция полимеров. Влияние деформации на процесс разложения полимеров. Вискозиметрические методы оценки молекулярной массы деструктированных полимеров. Деформационное воздействие, как метод к ускорению процесса деструкции отходов полимеров.	6	17-18	2		2	4							
	<b>Форма аттестации</b>	6	19-20											Э
	Всего часов по дисциплине			<b>18</b>		<b>18</b>	<b>36</b>							+

профессор, к.т.н.

/И.В. Скопинцев/

## **Аннотация рабочей программы учебной дисциплины «Реология полимеров»**

по направлению подготовки **18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»**  
**Профиль «Техника и технология полимерных материалов»**  
(очное, 2019)

### **1.Цели и задачи дисциплины**

К **основным целям** освоения дисциплины «**Реология полимеров**» следует отнести подготовку студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по данному направлению, в том числе формирование умений по выявлению необходимых усовершенствований, разработке и использованию новых, наукоемких технологий изготовления изделий, основанных методах физико-химической обработки (ФХО).

К **основным задачам** освоения дисциплины «**Реология полимеров**» следует отнести – формирование знаний о количественном описании реологических свойств полимерных материалов в вязко-текучем состоянии, соответствующим условиям переработки полимеров; с инженерными методами расчетов простейших элементов конструкций из полимерных материалов и с методами математического описания поведения полимерных материалов в вязко-текучем состоянии;

– подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по направлению, позволяет в том числе сформировать умения по освоению методики расчетов простейших элементов конструкций из полимерных материалов и с методами математического описания поведения полимерных материалов в вязко-текучем состоянии.

–разработку общих принципов и предложений, исходя из которых, возможно получение количественных соотношений между измеряемыми величинами.

### **2.Место дисциплины в структуре ОП**

Общая трудоемкость дисциплины составляет **2** зачетных единицы, т.е. **72** академических часов (из них 36 часов – самостоятельная работа студентов).

Дисциплина читается на третьем курсе в шестом семестре, в том числе аудиторных занятий – 36 часов, из них лекций – 18 часов (1 часа в неделю), лабораторные работы – 18 часов (1 час в неделю) час в неделю (18 часов), форма промежуточной аттестации – экзамен

Структура и содержание дисциплины «**Реология полимеров**» по срокам и видам работы отражены в приложении.

### **3.Требования к результатам освоения дисциплины**

**Знать:**

- Теоретические основы механики жидкостей;
- Влияние состава полимерной системы на ее реологическое поведение;
- Особенности влияния температуры на поведение полимерных систем;
- Особенности деформирования (течения) ньютоновских и неньютоновских вязкоупругих жидкостей (полимерных систем)

**уметь:**

- Анализировать основные физико-химические процессы, протекающие в полимерных системах в процессах деформирования при получении изделий
- Управлять основными физико-химическими процессами, протекающими в ПМ при формовании изделий

**владеть:**

- Экспериментальными методами определения и оценки реологических характеристик полимерных систем
- Аналитическими и графическими приемами обработки результатов испытаний

**4.Объем дисциплины и виды учебной работы**

<b>Вид учебной работы</b>	<b>Всего часов</b>	<b>6 семестр</b>
<b>Общая трудоемкость</b>	72(2з.е.)	72
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	36	36
<b>В том числе</b>		
<b>Лекции</b>	18	18
<b>Практические занятия</b>		
<b>Лабораторные занятия</b>	18	18
<b>Самостоятельная работа</b>	36	36
<b>Курсовая работа</b>		
<b>Курсовой проект</b>		
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	экзамен	экзамен

**Составитель программы:**

К.т.н., профессор кафедры «Техника и технологии полимерных материалов»  
к.т.н.

И.В. Скопинцев  
Ю.М. Щербаков

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Направление подготовки: 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

ОП (профиль): «Техника и технология полимерных материалов»

Форма обучения: **очная** (набор 2019)

Вид профессиональной деятельности: производственно-технологическая, экспериментально-исследовательская, проектно-конструкторская

## **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **«Реология полимеров»**

- Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств  
2. Описание оценочных средств:

**Составитель:**  
**Скопинцев И.В.**

Москва, 2020 год

## ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

«Реология полимеров»					
ФГОС ВО 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», профиль					
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие общепрофессиональные (ОПК) и профессиональные (ПК) компетенции:					
КОМПЕТЕНЦИИ		Перечень компонентов	Технология формирования компетенций	Форма оценочного средства**	Степени уровней освоения компетенций
ИН-ДЕКС	ФОРМУЛИРОВКА				
ОПК-7	способностью применять знания математики, физики и естествознания, химии и материаловедения теории управления и информационные технологии в инновационной деятельности	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Теоретические основы механики жидкостей;</li> <li>· Гидромеханики;</li> <li>· Гидростатики и кинематики вязких жидкостей</li> <li>· Влияние состава полимерной системы на ее реологическое поведение;</li> </ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Анализировать основные физико-химические процессы, протекающие в полимерных системах в процессах деформирования при получении</li> </ul>	лекция, самостоятельная работа, лабораторная работа	УО	<p><b>Базовый уровень:</b> воспроизводство полученных знаний в ходе текущего контроля.</p> <p><b>Повышенный уровень:</b> практическое применение полученных знаний в процессе исследования показателей текучести расплавов полимеров.</p>



<b>ПК-10</b>	способностью спланировать необходимый эксперимент, получить адекватную модель и исследовать ее	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Особенности деформирования (течения) ньютоновских и неньютоновских вязкоупругих жидкостей (полимерных систем);</li> <li>· Влияние внешних сил на реологическое поведение полимерных материалов;</li> <li>· Особенности влияния температуры на поведение полимерных систем;</li> <li>· Кривые течения основных реологических систем и область их переработки;</li> </ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Управлять основными функциями химического процесса</li> </ul>	лекция, самостоятельная работа, лабораторная работа	УО	<p><b>Базовый уровень</b> Знание особенностей деформирования ньютоновских и неньютоновских вязкоупругих жидкостей</p> <p><b>Повышенный уровень</b> - Умение управлять основными физико-химическими процессами, протекающими в ПМ при формовании изделий на основе исследований реологических характеристик.</p>
--------------	--	---	---	----	---

\*\* - Сокращения форм оценочных средств см. в приложении 3 к рабочей программе.

Примечание. Для получения зачета достаточно освоить базовый уровень знания компетенции.

**Перечень оценочных средств по дисциплине  
«Реология полимеров»**

№ О С	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Устный опрос собеседование, (УО)	Средство контроля, организованное как специальная беседа педагогического работника с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам/разделам дисциплины

*Примерные варианты контрольных работ:*

1. Определить реологические константы “m” и “n” уравнения  $\gamma = m \cdot \tau^n$   
(предоставить графический материал)

№ зад	$\tau$ , дин/см	$\gamma$ , с <sup>-1</sup>	№ зад	$\tau$ , дин/см	$\gamma$ , с <sup>-1</sup>
1.	10 <sup>2</sup> 5*10 <sup>2</sup> 10 <sup>3</sup> 5*10 <sup>3</sup>	1*10 <sup>2</sup> 5.59*10 <sup>3</sup> 3.162*10 <sup>4</sup> 1.768*10 <sup>6</sup>	16.	7*10 <sup>3</sup> 1.15*10 <sup>4</sup> 2.9*10 <sup>4</sup> 5.45*10 <sup>4</sup>	69.6 166 837.8 8527
2.	10 <sup>2</sup> 5*10 <sup>2</sup> 10 <sup>3</sup> 5*10 <sup>3</sup>	1.0 25.0 100 2500	17.	6.4*10 <sup>3</sup> 10 <sup>4</sup> 2.55*10 <sup>4</sup> 4.9*10 <sup>4</sup>	10.57 19.48 70.23 171.8
3.	10 <sup>2</sup> 5*10 <sup>2</sup> 10 <sup>3</sup> 2*10 <sup>3</sup>	2.77 36.07 2.51*10 <sup>2</sup> 1.75*10 <sup>3</sup>	18.	5.4*10 <sup>5</sup> 10 <sup>6</sup> 3*10 <sup>6</sup> 7*10 <sup>6</sup>	3.88 10.72 65.7 266
4.	3*10 <sup>2</sup> 10 <sup>3</sup> 3*10 <sup>3</sup> 10 <sup>4</sup>	0.184 1.262 7.319 5024	19.	5*10 <sup>5</sup> 9*10 <sup>5</sup> 1.35*10 <sup>6</sup> 1.8*10 <sup>6</sup>	0.362 1.879 5.848 10.09
5.	2*10 <sup>2</sup> 5*10 <sup>2</sup> 10 <sup>3</sup> 2*10 <sup>3</sup>	0.416 2.164 7.536 26.24	20.	3.3*10 <sup>4</sup> 7*10 <sup>4</sup> 1.35*10 <sup>5</sup> 2.2*10 <sup>5</sup>	0.943 5.74 27.74 89.57
6.	1.5*10 <sup>2</sup> 4*10 <sup>2</sup> 8*10 <sup>2</sup> 2*10 <sup>3</sup>	0.545 3.515 13.12 74.82	21.	7*10 <sup>4</sup> 2.4*10 <sup>5</sup> 3.2*10 <sup>5</sup> 6*10 <sup>5</sup>	8.29 74.15 465 2462
7.	1.6*10 <sup>2</sup> 4.5*10 <sup>2</sup> 9*10 <sup>2</sup> 1.8*10 <sup>3</sup>	2.234 36.8 236.8 1539	22.	1.1*10 <sup>5</sup> 2.4*10 <sup>5</sup> 5.6*10 <sup>5</sup> 10 <sup>6</sup>	4.93*10 <sup>-2</sup> 0.274 1.77 6.34
8.	1.8*10 <sup>3</sup> 4.7*10 <sup>3</sup>	1.83*10 <sup>2</sup> 3.94*10 <sup>3</sup>	23.	750 1400	2.99 9.206

	8.8*10 <sup>3</sup> 1.3*10 <sup>4</sup>	2.93*10 <sup>4</sup> 1.02*10 <sup>5</sup>		2200 5000	20.77 91.03
9.	1.4*10 <sup>4</sup> 4*10 <sup>4</sup> 7*10 <sup>4</sup> 9*10 <sup>4</sup>	4.28*10 <sup>2</sup> 1.107*10 <sup>4</sup> 6.28*10 <sup>4</sup> 1.369*10 <sup>5</sup>	24.	77 140 270 560	1.41 3.66 10.48 33.68
10.	5*10 <sup>2</sup> 8*10 <sup>2</sup> 1.1*10 <sup>3</sup> 2.8*10 <sup>3</sup>	0.268 0.105 0.264 3.97	25.	51 70 150 280	247.5 451 1922 6992
11.	5*10 9*10 1.9*10 3.8*10	1.131 8.347 105.9 1.12*10 <sup>3</sup>	26.	240 420 790 1300	5.16*10 <sup>-2</sup> 0.198 0.9 2.97
12.	1.45*10 <sup>2</sup> 3.7*10 <sup>2</sup> 1.15*10 <sup>3</sup> 3.65*10 <sup>3</sup>	6.08*10 <sup>-3</sup> 5.245*10 <sup>-2</sup> 0.712 10.14	27.	6*10 <sup>5</sup> 9*10 <sup>5</sup> 1.2*10 <sup>6</sup> 1.8*10 <sup>9</sup>	17.2 69.7 188 761
13.	1.35*10 <sup>2</sup> 2.9*10 <sup>2</sup> 5.9*10 <sup>2</sup> 1.25*10 <sup>3</sup>	2.76*10 <sup>-2</sup> 7.46*10 <sup>-2</sup> 0.188 0.498	28.	2*10 <sup>5</sup> 3*10 <sup>5</sup> 5*10 <sup>5</sup> 8*10 <sup>5</sup>	1.19 4.58 25 118
14.	3*10 <sup>2</sup> 7*10 <sup>2</sup> 1.1*10 <sup>3</sup> 2.4*10 <sup>3</sup>	14.03 50 98.5 317.45	29.	8*10 <sup>4</sup> 1.3*10 <sup>5</sup> 1.8*10 <sup>5</sup> 2.7*10 <sup>5</sup>	9.74 60.2 203.8 932.5
15.	3*10 <sup>3</sup> 1.4*10 <sup>4</sup> 3.1*10 <sup>4</sup> 5.8*10 <sup>4</sup>	9.13 20.55 65 161.4	30.	5*10 <sup>4</sup> 8*10 <sup>4</sup> 1.3*10 <sup>5</sup> 2*10 <sup>5</sup>	10.59 66.2 439.9 2360
34.	80 130 270 530	6.06*10 <sup>-3</sup> 2.09*10 <sup>-2</sup> 0.135 0.752	36.	1.7*10 <sup>5</sup> 3.2*10 <sup>5</sup> 5.9*10 <sup>5</sup> 8.5*10 <sup>5</sup>	6.75 28.9 118.1 237.5
35.	1.7*10 <sup>6</sup> 3.1*10 <sup>6</sup> 6*10 <sup>6</sup> 9*10 <sup>6</sup>	4.13 12.93 45.25 98.0	37.	2.3*10 <sup>5</sup> 3.6*10 <sup>5</sup> 5.4*10 <sup>5</sup> 9.8*10 <sup>5</sup>	53.04 185.9 578.8 3070

2. По кривой течения для среднего значения  $\gamma$  определить кажущуюся вязкость деформируемой жидкости.

3. Для средних значений  $\tau$  и  $\gamma$  определить для вискозиметра типа “ конус-плоскость ” угловую скорость вращения конуса  $\omega_k$  и реализуемый крутящий момент  $M$ .  
Радиус деформируемого слоя  $R=10\text{мм}$  , угол конуса  $\Delta Q = 40'$

4. Методом капиллярной вискозиметрии по заданной кривой течения

$\gamma_R = f(\tau_R)$  построить зависимость  $Q = f(\Delta P)$  для капилляра  $r = 1\text{мм}$  и  $z = 10\text{мм}$ .  
Входной эффект не учитывать.

## Вариант экзаменационного билета

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Дисциплина «Реология полимеров»  
Направление подготовки 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»  
Образовательная программа (профиль) «Техника и технология полимерных материалов»  
Курс 3, семестр 6

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №1

1. Понятие о вязкой ньютоновской жидкости: механическая модель и реологическое уравнение состояния.
2. Понятие о напряжении и напряженном состоянии тела
3. Двухосное растяжение–сжатие как частный кинематический вид деформаций. Компоненты тензора деформаций в различных мерах деформаций.

Утверждено на заседании кафедры «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г., протокол №\_\_.

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

### Перечень вопросов к экзамену

Вопросы к экзамену	Код компетенции
«Входовой эффект» в капиллярных вискозиметрах и метод их учета при построении кривых течения.	ОПК-7
«Краевые эффекты» в ротационных вискозиметрах типа «цилиндр – цилиндр» и метод их учета при проведении экспериментов.	ОПК-7
Введение понятия о тензоре напряжений и физический смысл его компонентов.	ОПК-7
Вывод зависимостей для определения напряжений и скоростей сдвига в зазоре ротационного вискозиметра типа «конус – плоскость».	ОПК-7
Вывод зависимостей для определения напряжений и угловых скоростей движения частиц среды в зазоре ротационного вискозиметра типа «цилиндр - цилиндр». (В общем виде).	ОПК-7

Двухосное растяжение–сжатие как частный кинематический вид деформаций. Компоненты тензора деформаций в различных мерах деформаций.	<b>ОПК-7</b>
Методика определения реологических параметров при испытаниях полимерных сред со степенным реологическим уравнением на ротационных вискозиметрах типа «цилиндр – цилиндр».	<b>ОПК-7</b>
Нелинейное реологическое уравнение А.И. Леонова и его представление в общих и двойных логарифмических координатах.	<b>ОПК-7</b>
Нелинейное степенное реологическое уравнение и его представление в общих и двойных логарифмических координатах.	<b>ОПК-7</b>
Общие принципы ротационной вискозиметрии. Устройство и принцип работы ротационного вискозиметра типа «цилиндр – цилиндр».	<b>ОПК-7</b>
Общие принципы ротационной вискозиметрии. Устройство и принцип работы ротационного вискозиметра типа «конус – плоскость».	<b>ОПК-7</b>
Общий вид тензора деформаций и физический смысл его компонентов.	<b>ОПК-7</b>
Одноосное растяжение-сжатие как частный кинематический вид деформаций. Компоненты тензора деформаций в различных мерах деформаций.	<b>ОПК-7</b>
Понятие о вязкой ньютоновской жидкости: механическая модель и реологическое уравнение состояния.	<b>ОПК-7</b>
Понятие о деформаций в сплошной среде. Однородная деформация.	<b>ОПК-7</b>
Понятие о динамической вязкости. Явления аномалии вязкости. Кривая течения Оствальда–де –Виля.	<b>ОПК-7</b>
Понятие о законе деформации.	<b>ОПК-7</b>
Понятие о напряжении и напряженном состоянии тела.	<b>ОПК-7</b>
Понятие о нелинейных реологических уравнениях состояния: геометрическая и физическая нелинейность.	<b>ОПК-7</b>
Понятие о пластическом теле Сен-Венана: механическая модель и реологическое уравнение состояния.	<b>ОПК-7</b>
Понятие о тензоре деформаций: методология его образования.	<b>ОПК-7</b>

Понятие об идеально упругом теле Гука: механическая модель и реологическое уравнение состояния.	<b>ОПК-7</b>
Понятие об изотропном расширении – сжатию как частном кинематическом виде деформаций. Компоненты тензора деформаций для несжимаемых сред.	<b>ОПК-7</b>
Понятие об однородном напряженном состоянии среды.	<b>ОПК-7</b>
Предмет и задачи реологии полимеров	<b>ОПК-7</b>
Простейшие свойства идеальных тел и их физическая природа: упругость, эластичность, вязкое и пластическое течения.	<b>ОПК-7</b>
Простой одноосный сдвиг как частый кинематический вид деформаций. Компоненты тензора деформаций в различных мерах деформаций.	<b>ОПК-7</b>
Распределение скоростей частиц потока жидкости при ее установившемся ламинарном изотермическом сдвиговом течении в круглой трубе (Вывод общей зависимости).	<b>ПК-10</b>
Распределение скоростей частиц потока и объемный расход жидкости со степенным реологическим уравнением при ее установившемся ламинарном изотермическом сдвиговом течением в круглой трубе. (На основе общей зависимости распределения скоростей частиц потока).	<b>ПК-10</b>
Распределение скоростей частиц потока и объемный расход ньютоновской жидкости при ее установившемся ламинарном изотермическом сдвиговом течении в круглой трубе. (На основе общей зависимости распределения скоростей частиц потока).	<b>ПК-10</b>
Статистический и феноменологический подходы к изучению законов деформации.	<b>ПК-10</b>
Термомеханические (релаксационные) состояния аморфных полимеров.	<b>ПК-10</b>
Физические состояния полимеров.	<b>ПК-10</b>
Физические типы деформаций полимеров.	<b>ПК-10</b>
Цели и задачи экспериментальной реологии. Приборы, используемые для проведения реологических исследований.	<b>ПК-10</b>
Чистый сдвиг как частный кинематический вид деформаций. Компоненты тензора деформаций в различных мерах деформаций.	<b>ПК-10</b>