

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)

Институт архитектуры, строительства и энергетики  
(Наименование института)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института



С.Н. Авдеев

2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Реология жидкофазных систем**

(наименование дисциплины)

**направление подготовки / специальность**

**18.03.01 «Химическая технология»**

(код и наименование направления подготовки (специальности))

**направленность (профиль) подготовки**

**Технология и переработка полимеров**

(направленность (профиль) подготовки)

г. Владимир

2021

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Реология жидкофазных систем» является формирование у студентов знаний и умений в области технологических процессов переработки полимерных материалов и закономерностей физико-химических процессов протекающих при переработки.

Задачи:

- получение знаний об основах протекания и основных закономерностях процессов протекающих при переработки пластических масс;
- приобретение практических навыков определения параметров этих процессов;
- ознакомление с современными математическими методами описывающие процессы переработки полимеров.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Реология жидкофазных систем» относится в части, формируемой участниками образовательных отношений.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ПК-2. Способен выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	ПК-2.1. Знает методы и приемы теоретического и экспериментального научного исследования, математического анализа и моделирования ПК-2.2. Умеет выдвигать гипотезы на основе научно-технической информации, опыта предыдущих исследований ПК-2.3. Владеет методологией научных исследований, математическим аппаратом и компьютерной техни-	Знает методы и приемы теоретического и экспериментального научного исследования, математического анализа и моделирования Умеет выдвигать гипотезы на основе научно-технической информации, опыта предыдущих исследований Владеет методологией научных исследований, математическим аппаратом и компью-	Тестовые вопросы Отчет по практической подготовке

	кой для получения, обработки и интерпретации результатов научных исследований	терной техникой для получения, обработки и интерпретации результатов научных исследований. Владеет методами анализа и расчета параметров процесса	
--	---	--	--

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов для очной формы обучения, 7 зачетных единиц, 252 часа для заочной формы обучения (5 лет), 10 зачетных единиц, 360 часов для заочной формы обучения (3,5 года), 8 зачетных единиц, 288 часов для заочной формы обучения (3 года)

#### Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	Релогические свойства полимеров. Идеализированные материалы	6	1-4	8				10	
2	Общие закономерности релаксации Способы изучения релаксационных явлений	6	5-8	8		12		10	1-й рейтинг-контроли
3	Принцип температурно-временной эквивалентности	6	9-10	4				10	
4	Спектр времен релаксации	6	11	2				20	
5	Влияние температуры и давления на реологические характеристики	6	12	2		8		10	2-й рейтинг-контроль
6	Необычные эффекты при течении полимеров. Нормальные напряжения	6	13-14	6		8		10	
7	Эффекты входа	6	15-18	6		8		11	3-й рейтинг-контроль
<b>Итого по дисциплине</b>					36	36		81	экзамен (27 ч.),

**Тематический план  
форма обучения – заочная (5 лет)**

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	Релогические свойства полимеров. Идеализированные материалы	6	1-4	2				34	
2	Общие закономерности релаксации Способы изучения релаксационных явлений	6	5-8		2		2	56	1-й рейтинг-контроли
3	Принцип температурно-временной эквивалентности	6	9-10	2				45	
4	Спектр времен релаксации	6	11		2		2	34	
5	Влияние температуры и давления на реологические характеристики	6	12					44	2-й рейтинг-контроль
6	Необычные эффекты при течении полимеров. Нормальные напряжения	6	13-14	2	2		2	36	
7	Эффекты входа	6	15-18	4			4	48	3-й рейтинг-контроль
Итого по дисциплине				8	8		8	209	экзамен (27 ч.),

**Тематический план  
форма обучения – заочная (3,5 года)**

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	Реологические свойства полимеров. Идеализированные материалы	4	1-4					45	
2	Общие закономерности релаксации Способы изучения релаксационных явлений	4	5-8	2	2		2	30	1-й рейтинг-контроль
3	Принцип температурно-временной эквивалентности	4	9-10	2				30	
4	Спектр времен релаксации	4	11					15	
5	Влияние температуры и давления на реологические характеристики	4	12	2	2		2	30	2-й рейтинг-контроль
6	Необычные эффекты при течении полимеров. Нормальные напряжения	4	13-14		2		2	30	
7	Эффекты входа	4	15-18	2	2		2	650	3-й рейтинг-контроль
<b>Итого по дисциплине</b>				<b>8</b>	<b>8</b>		<b>8</b>	<b>343</b>	<b>экзамен (27 ч.),</b>

**Тематический план  
форма обучения –заочная (3 года)**

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)	
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки			
1	Релогические свойства полимеров. Идеализированные материалы	4	1-4	2				60		
2	Общие закономерности релаксации Способы изучения релаксационных явлений	4	5-8	2		4		50	1-й рейтинг-контроли	
3	Принцип температурно-временной эквивалентности	4	9-10					50		
4	Спектр времен релаксации	4	11	2				25		
5	Влияние температуры и давления на реологические характеристики	4	12			4		30	2-й рейтинг-контроль	
6	Необычные эффекты при течении полимеров. Нормальные напряжения	4	13-14	2				30		
7	Смещение полимеров Виды смесей. Процессы при смещении	4	15-18	2		4		66	3-й рейтинг-контроль	
Итого по дисциплине						10		12		311 экзамен (27 ч.),

### Содержание лекционных занятий по дисциплине

#### Раздел 1. Реологические свойства полимеров.

##### Тема 1. Идеализированные материалы

Содержание темы: идеальное (упругое) твердое тело. Идеальное (ньютоновская) жидкость. Механические элементы, моделирующие реологическое поведение материалов. Тело Максвелла, Фойгта (Кельвина). Смешанные модели.

##### Тема 2 Течение реальных материалов.

Содержание темы: Классификация жидкостей на основе характеристики их развившегося течения. Тело Бингама, тело Сен-Венана, псевдопластиное тело, дилатантная жидкость. Индекс течения. Эффективная вязкость.

##### Тема 3. Эффекты зависящие от времени.

Содержание темы: реопектические и тиксотропные жидкости. Факторы, определяющие форму кривой течения.

##### Тема 4 Общие закономерности релаксации

Содержание темы: время релаксации, критерий Дебора

##### Тема 5 Способы изучения релаксационных явлений

Содержание темы: релаксация напряжения. Ползучесть, ползучесть в линейном и пространственно-сшитом полимерах. Кривая ползучести для модели Максвелла. Кривая «напряжение-деформация». Многократные циклические деформации

##### Тема 6 Принцип температурно-временной эквивалентности

Содержание темы: уравнение Эйринга-Френкеля. Энергия активации процесса релаксации. Уравнение Александрова-Лазуркина

##### Тема 6 Спектр времен релаксации

Содержание темы: Непрерывность спектра времен релаксации. Модель макромолекулы по Каргину и Слонимскому.

##### Тема 7 Влияние температуры и давления на реологические характеристики

Содержание темы: влияние температуры на индекс течения, степенное уравнение, объемная вязкость.

##### Тема 8 Необычные эффекты при течении полимеров. Нормальные напряжения

Содержание темы: нормальные напряжения, эффект Вассенберга, эластичное восстановление струи (баррус-эффект).

##### Тема 9. Эффект входа, распределение давления по длине цилиндрического канала.

### Содержание практических занятий по дисциплине

#### Раздел 1. Реологические свойства полимеров

##### Тема 10 Общие закономерности релаксации Способы изучения релаксационных явлений

Содержание практических занятий: построить график зависимости напряжения сдвига от времени. Рассчитать величину обратимой деформации и определить величину необратимой.

##### Тема 7 Влияние температуры и давления на реологические характеристики

Содержание практических занятий: по экспериментальным данным построить график зависимости логарифма напряжения сдвига от обратной температуры и по уравнению Эйринга-Френкеля рассчитать энергию активации процесса релаксации.

##### Тема 8 Необычные эффекты при течении полимеров. Нормальные напряжения

Содержание практических занятий: рассчитать эффект входа в зависимости от температуры и напряжения сдвига

#### Раздел 2. Смешение полимеров

##### Тема 10 Количественная оценка качества смешения

Содержание практических занятий: рассчитать коэффициент неоднородности в зависимости от состава композиции.

## Содержание лабораторных занятий по дисциплине

### Раздел 1. Реологические свойства полимеров

Тема 5 Способы изучения вязкости полимеров

Содержание лабораторных занятий: инструктаж по технике безопасности. Ознакомление с первой частью лабораторного курса дисциплины. Лабораторная работа 1 «Определение индекса течения»

Тема 7 Влияние температуры и давления на реологические характеристики.

Содержание лабораторных занятий: лабораторная работа 2 «Определение энергии активации вязкого течения».

Тема 8 Необычные эффекты при течении полимеров.

Содержание лабораторных занятий: лабораторная работа 3 «Определение баррус-эффекта»

Тема 9 Эффекты входа

Содержание лабораторных занятий: лабораторная работа 4 «Определение эффекта входа»

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

### 5.1. Текущий контроль успеваемости

#### Рейтинг-контроль №1

1. Идеальное твердое тело
2. Закон Гука.
3. Модуль сдвига. Основные характеристики упругого твердого тела
4. Идеальная жидкость;
5. Объемные силы, действующие на жидкость;
6. Скорость сдвига
7. Ньютоновский вязкий элемент
8. Упругая пружина
9. Тело Сен-Венана
10. Модель ньютоновской жидкости
11. Модель упругого твердого тела
12. Модель тела Максвелла
13. Модель Фойгта
14. Время релаксации
15. Кривые течения
16. Индекс течения
17. Эффективная вязкость

#### Рейтинг-контроль №2;

1. Дилатантная система
2. Псевдопластичное тело
3. Тело Бингама
4. Тело Сен-Венана
5. Реопектические жидкости
6. Тиксотропные жидкости
7. Факторы, определяющие форму кривой течения
8. Степенное уравнение



9. Влияние температуры на индекс течения

**Рейтинг-контроль №3**

1. Нормальные напряжения, эффект Вайссенберга
2. Факторы влияющие на величину нормальных напряжений
3. Баррус-эффект
4. Количественная мера эластичного восстановления струи
5. Причины эластичного восстановления струи
6. Эффект входа
7. Причины вызывающие падение давления

**5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины**

**Вопросы для подготовки к экзамену**

**форма обучения – очная, заочная**

1. Особенности течения термопластичных материалов.  
Идеальное твердое тело. Идеальная жидкость
2. Простые вязкоупругие жидкости.
3. Модель ньютоновской жидкости
4. Модель упругого твердого тела
5. Модель тела Максвелла
6. Модель Фойгта
7. Течение реальных полимеров. Время релаксации
8. Кривые течения, индекс течения, эффективная вязкость
9. Дилатантная система
10. Псевдопластичное тело
11. Тело Бингама, тело Сен-Венана
12. Реопектические и тиксотропные жидкости
13. Факторы, определяющие форму кривой течения
14. Реологические уравнения, степенное уравнение
15. Нормальные напряжения, эффект Вайссенберга
16. Влияние температуры на индекс течения
17. Баррус-эффект
18. Эффект входа

**5.3. Самостоятельная работа обучающегося.**

Самостоятельная работа студентов заключается в подготовке к лекциям с использованием конспектов и рекомендованной литературы, подготовке к лабораторным занятиям и оформлении отчетов по лабораторным работам с использованием рекомендованной литературы и методических указаний, подготовке к текущему контролю и промежуточному контролю знаний, изучении части теоретического материала дисциплины, которая в лекционном курсе не рассмотрена или рассмотрена недостаточно подробно.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ
		Наличие в электронном каталоге ЭБС
Основная литература		
1. Шерышев М. А., Лясникова Н. Н. Прикладная механика: расчеты оборудования для переработки пластмасс	2021	<a href="https://urait.ru/viewer/prikladnaya-mehanika-raschety-oborudovaniya-dlya-pererabotki-plastmass-472783#page/1">https://urait.ru/viewer/prikladnaya-mehanika-raschety-oborudovaniya-dlya-pererabotki-plastmass-472783#page/1</a>
2. Виноградов Г.В., Малкин А.Я. Реология полимеров, Москва, Химия	2011	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9789855034774.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9789855034774.html</a>
3. Ермилов А.С. Теоретические основы процессов получения и переработки полимерных материалов Курс лекций, Пермь	2012	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ghtu_004.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ghtu_004.html</a>
4. Малкин А.Я., Исаев А.И. Реология: концепция, методы, приложения	2015	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785726416649.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785726416649.html</a>
Дополнительная литература		
1. Кандырин Л.Б. Реологические свойства полимеров и композитов на их основе. Часть I	2010	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/MPEI220.html">http://www.studentlibrary.ru/book/MPEI220.html</a>
2. Вольфсон С.И. Реология и молекулярные характеристики эластомерных композиций	2014	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300218.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300218.html</a>
3. Кандырин Л.Б. Реологические свойства полимеров и композитов на их основе. Часть II	2014	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300263.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300263.html</a>
4. Миллман С. Течение полимеров	2010	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938082892.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938082892.html</a>

### 6.2. Периодические издания

1. Известия вузов. Химия и химическая технология, Ивановский государственный химико-технологический университет, г. Иваново;
2. Известия Волгоградского государственного технического университета. Серия Реология, процессы и аппараты химической технологии, г. Волгоград.

### 6.3. Интернет-ресурсы

1. <http://www.fptl.ru/biblioteka/paht.html>
2. <http://alumni.pharminnotech.com/biblioteka/paht>

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа с наличием мультимедийных средств. Лабораторные работы проводятся в специализированной лаборатории по процессам и аппаратам химической технологии.

Перечень используемого лицензионного программного обеспечения Windows 7 Microsoft Open License 62857078; MS Office 2010 Microsoft Open License 65902316.

Рабочую программу составил Папов Ю.Т., профессор каф. ХТ

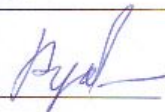
(ФИО, должность, подпись)



Рецензент

(представитель работодателя) ООО «Термоласт», директор, Рубцова Е.Ю.

(место работы, должность, ФИО, подпись)



Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ХТ

Протокол № 01 от 30.08.21 года

Заведующий кафедрой Папов Ю.Т.

(ФИО, подпись)



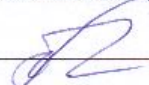
Рабочая программа рассмотрена и одобрена

на заседании учебно-методической комиссии направления 18.03.01 «Химическая технология».

Протокол № 01 от 30.08.21 года

Председатель комиссии Папов Ю.Т., зав. кафедрой ХТ

(ФИО, должность, подпись)



**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 20\_\_\_ / 20\_\_\_ учебный года

Протокол заседания кафедры № \_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на 20\_\_\_ / 20\_\_\_ учебный года

Протокол заседания кафедры № \_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на 20\_\_\_ / 20\_\_\_ учебный года

Протокол заседания кафедры № \_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

**ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ**

в рабочую программу дисциплины

**НАИМЕНОВАНИЕ**

образовательной программы направления подготовки код и наименование ОП, направленность:  
наименование (указать уровень подготовки)

Номер изменения	Внесены изменения в части/разделы рабочей программы	Исполнитель ФИО	Основание (номер и дата протокола заседания кафедры)
1			
2			

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

*Подпись*

*ФИО*