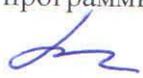


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет»**

**УТВЕРЖДАЮ**

Руководитель программы аспирантуры

  
Н.М. Труфанова  
д.т.н., профессор, зав кафедры КТЭ

« 19 » « 05 » 2022 г.

**Рабочая программа дисциплины «Реология полимеров »  
по программе аспирантуры  
«Технологическая механика полимерных жидкостей»**

Научная специальность	1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Технологическая механика полимерных жидкостей
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Конструирование и технологии в электротехнике (КТЭ)
Форма обучения	Очная
Курс: 3	Семестр (ы): 5
Виды контроля с указанием семестра: Экзамен:                      Зачет: 5	Диф.зачет

Пермь 2022

## 1. Общие положения

Рабочая программа дисциплины «Реология полимеров» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 N 951 "Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)".
- Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 N 2122 "Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)".
- Самостоятельно устанавливаемые требования к реализуемым программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Пермского национального исследовательского политехнического университета.
- Базовый план по программе аспирантуры.
- Паспорт научной специальности.

**1.1 Цель учебной дисциплины** – формирование комплекса знаний, умений и навыков в области реологии полимеров.

### 1.2 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Реология полимеров» является обязательной дисциплиной образовательного компонента плана аспиранта.

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

В результате изучения дисциплины аспирант должен демонстрировать следующие результаты:

### Знать:

- реологические свойства, законы течения ньютоновских и аномально-вязких жидкостей.

### Уметь:

- проводить обработку экспериментальных данных для определения реологических характеристик полимерных материалов.

### Владеть:

- методами и средствами экспериментальной вискозиметрии.

## 3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоемкость, ч
		5 семестр
1	Аудиторная работа	17
	В том числе:	
	Лекции (Л)	5
	Практические занятия (ПЗ)	6
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	6
	Самостоятельная работа (СР)	55
	Итоговая аттестация по дисциплине:	
	Форма итогового контроля:	Зачет

#### 4. Содержание учебной дисциплины

##### 4.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

###### Раздел 1. Основы теоретической реологии полимеров.

(Л – 5, П-6, СР – 55)

###### Тема 1. Реологические модели.

Предмет и задача реологии, значение этой науки для процессов переработки пластмасс. Основные реологические свойства тел (упругость, пластичность, вязкость). Реологическое уравнение состояния. Ньютоновские и неньютоновские жидкости, их классификация. Дилатантные жидкости. Псевдопластичные жидкости.

Вязкоупругость расплавов и растворов полимеров. Особенности релаксационных процессов в полимерах. Высокоэластичность расплавов полимеров. Модели Максвелла и Кельвина–Фойгта в различных режимах деформирования. Обобщенные модели Максвелла и Кельвина–Фойгта. Сложные модели.

###### Тема 2. Вискозиметрия.

Методы количественного описания аномально-вязких (неньютоновских) жидкостей. Эффективная вязкость. Зависимость вязкости от температуры и давления. Теория и практика капиллярных вискозиметров. Теория и практика ротационных вискозиметров. Экспериментальное определение кривых течения.

##### 4.2. Перечень тем практических занятий

Таблица 2

Темы практических занятий (из пункта 4.1)

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Обработка результатов измерений капиллярного вискозиметра	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
2	2	Обработка результатов измерений ротационного вискозиметра	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.

##### 4.3. Перечень тем для самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в теоретическом изучении конкретных вопросов и выполнении творческих заданий.

Таблица 3

Темы самостоятельных заданий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Вязкоупругость расплавов и растворов полимеров. Особенности релаксационных процессов в полимерах. Высокоэластичность расплавов полимеров. Модели	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины

		Максвелла и Кельвина–Фойгта в различных режимах деформирования. Обобщенные модели Максвелла и Кельвина–Фойгта. Сложные модели.		
2	2	Методы количественного описания аномально-вязких (неньютоновских) жидкостей. Эффективная вязкость. Зависимость вязкости от температуры и давления. Теория и практика капиллярных вискозиметров. Теория и практика ротационных вискозиметров. Экспериментальное определение кривых течения.	Творческое задание	Темы творческих заданий

### 5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Реология полимеров» аспирантам целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

### 6. Перечень учебно-методического, библиотечно-справочного и информационного, информационно-справочного обеспечения для работы аспиранта по дисциплине

#### 6.1. Библиотечные фонды и библиотечно-справочные системы

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
<b>1 Основная литература</b>		
1	Кленин В.И., Федусенко И.В. Высокомолекулярные соединения [Электронный ресурс]: учебник /– Санкт-Петербург : Лань, 2013. – 512 с. Электронный ресурс <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=58428">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=58428</a>	
<b>2 Дополнительная литература</b>		
<b>2.1 Учебные и научные издания</b>		
1	Малкин А.Я., Исаев А.И. Реология: концепции, методы, приложения / авторизованный пер. с англ. СПб. : Профессия, 2007. 560 с.	7

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
2	Шрамм, Г. Основы практической реологии и реометрии / пер. с англ. М. : КолосС, 2003. – 312 с.	10
3	Рауендаль К. Экструзия полимеров / пер. с англ. – СПб.: Профессия, 2008. – 786 с.	13
<b>2.2 Периодические издания</b>		
1	«Пластические массы» – <a href="http://www.barvinsky.ru/journal/">http://www.barvinsky.ru/journal/</a>	
2	Полимерные Материалы – <a href="http://www.polymerbranch.com/">http://www.polymerbranch.com/</a>	
<b>2.3 Нормативно-технические издания</b>		
1	не предусмотрено	
<b>2.4 Официальные издания</b>		
1	не предусмотрено	

## 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

### 6.2.1. Информационные и информационно-справочные системы

1. Электронная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных электрон. док., издан. в Изд-ве ПНИПУ] / Перм. нац. исслед. политехн. ун-т, Науч. б-ка. – Пермь, 2016. – Режим доступа: <http://elib.pstu.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

2. Электронно-библиотечная система Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии кн., журн. по гуманит., обществ., естеств. и техн. наукам] / Электрон.-библ. система «Изд-ва «Лань». – Санкт-Петербург, 2010-2016. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

3. ProQuest Dissertations & Theses Global [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : дис. и дипломные работы на ин. яз. по всем отраслям знания] / ProQuest LLC. – Ann Arbor, 2016. – Режим доступа: <http://search.proquest.com/pqdtglobal/dissertations>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

4. Электронная библиотека диссертаций РГБ [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии дис. и автореф. дис. по всем отраслям знания] / Электрон. б-ка дис. – Москва, 2003-2016. – Режим доступа: <http://diss.rsl.ru>, компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

5. Cambridge Journals [Electronic resource : полнотекстовая база данных : электрон. журн. по гуманит., естеств., и техн. наукам на англ. яз.] / University of Cambridge. – Cambridge : Cambridge University Press, 1770-2012. – Режим доступа: <http://journals.cambridge.org/>. – Загл. с экрана. 11.

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

### 7.1. Основное учебное оборудование. Рабочее место аспиранта.

Таблица 4

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката, лабораторное оборудование)	Кол-во ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Персональные компьютеры (локальная компьютерная сеть)	20	Оперативное управление	307, к. А
2	Персональные компьютеры (локальная компьютерная сеть)	17	Оперативное управление	202, к.А

## 8. Фонд оценочных средств

Освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра. Формой контроля освоения результатов обучения по дисциплине является зачет, проводимый с учетом результатов текущего контроля.

### 8.1. Описание показателей и критериев оценивания, описание шкал оценивания.

Контроль качества освоения дисциплины включает в себя текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию аспирантов

#### Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценку освоения дисциплин и проводится в форме собеседования и защиты отчета о творческом задании.

#### • Собеседование

Для оценки **знаний** аспирантов проводится собеседование в виде специальной беседы преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной для выяснения объема знаний по определенному разделу, теме, проблеме.

Собеседование может выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

#### • Защита отчета о творческом задании

Для оценки **умений и владений** аспирантов используется творческое задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

Творческие задания могут выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

#### Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Промежуточная аттестация проводится в виде зачетов по дисциплине, в устно-

письменной форме по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) и практическое задание (ПЗ).

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания. Пример билета представлен в приложении 1.

• **Шкалы оценивания результатов обучения при зачете:**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных дисциплинарных компетенций проводится по шкале оценивания «зачтено», «незачтено» путем выборочного контроля во время зачета.

Типовые шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в табл. 5.

Таблица 5

Шкала оценивания уровня знаний, умений и владений на зачете

Оценка	Критерии оценивания
<i>Зачтено</i>	Аспирант продемонстрировал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал сформированные или содержащие отдельные пробелы <b>знания</b> в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.  Аспирант выполнил контрольное задание билета правильно или с небольшими неточностями. Показал успешное или сопровождающееся отдельными ошибками применение <b>навыков</b> полученных знаний и <b>умений</b> при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.
<i>Незачтено</i>	При ответе на теоретический вопрос билета аспирант продемонстрировал фрагментарные <b>знания</b> при ответе на теоретический вопрос билета. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.  При выполнении контрольного задания билета аспирант продемонстрировал частично освоенное <b>умение</b> и <b>применение</b> полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.

При оценке уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций в рамках выборочного контроля при сдаче зачета считается, что полученная оценка проверяемой в билете дисциплинарной части компетенции обобщается на все дисциплинарные части компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.

Общая оценка уровня сформированности всех дисциплинарных частей компетенций проводится с учетом результатов текущего контроля в виде интегральной оценки по системе оценивания «зачтено» и «незачтено».

Таблица 6

Оценочный лист уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций на зачете

Итоговая оценка уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций	Критерии оценивания компетенции
<i>Зачтено</i>	Аспирант получил по дисциплине оценку «зачтено»
<i>Незачтено</i>	Аспирант получил по дисциплине оценку «незачтено»

**9. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине**

Задания для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны

быть направлены на оценивание:

1. уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной деятельности.
2. степени готовности аспиранта применять теоретические знания и профессионально значимую информацию и оценивание сформированности когнитивных умений.
3. приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

#### **10. Типовые контрольные вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов освоения дисциплины**

Перечень контрольных вопросов и заданий для сдачи кандидатского экзамена по научной специальности 1.1. «Математика и механика» разработан с учетом научных достижений научно-исследовательской школы кафедры.

Типовые творческие задания:

1. Построение степенной модели расплава нагневостойких полимеров
2. Уравнение вязкости Эйнштейна, его значение для описания реологических характеристик наполненного ПВХ-пластиката
3. Построение обобщенной модели Максвелла расплава полиэтилена

Типовые контрольные задания:

1. Эффекты входа при ламинарном течении в круглой трубе. Причины возникновения, влияние различных факторов, учет эффекта входа.
2. Теория и практика капиллярных вискозиметров.
3. Экспериментальное определение кривых течения.

Полный комплект вопросов и заданий в форме утвержденных билетов хранится на кафедре «КТЭ».

**Программа**

Технологическая механика полимерных жидкостей

**Кафедра**

Конструирование и технологии в электротехнике

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФГАОУ ВО «Пермский национальный**  
**исследовательский политехнический**  
**университет» (ПНИПУ)**

«Реология полимеров»

**БИЛЕТ № 1**

1. Системы отсчета и системы координат. Лагранжевы и эйлеровы координаты.
2. Законы теплопроводности Фурье. Различные частные процессы: адиабатический, изотермический и др. Обратимые и необратимые процессы
3. Задача о течении Пуазейля в коаксиальном зазоре.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись)

Труфанова Н.М.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202 \_\_\_\_ г.

**Лист регистрации изменений**

<b>№ п.п.</b>	<b>Содержание изменения</b>	<b>Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой</b>
1	2	3
1		
2		
3		
4		