Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 28.10.2023 14:37:07
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

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

Факультет машиностроения

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета машиностроения
/Е.В. Сафонов/
«16» 11 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Реология и механика полимерных материалов»

Направление подготовки
27.03.05 «Инноватика»

Образовательная программа (профиль подготовки)
«Аддитивные технологии»

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Москва, 2023 г.

Разработчик:

профессор, к.т.н.  И.В. Скопинцев

Согласовано:
Заведующий кафедрой «Процессы и аппараты химической технологии»,
к.х.н.  П.С Громовых

Программа согласована с руководителем образовательной программы «Аддитивные технологии» по направлению подготовки 27.03.05 «Инноватика»

доц., к.т.н.  /П.А. Петров/

Содержание

Содержание 3
1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 4
3. Структура и содержание дисциплины 5
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 9
5. Материально-техническое обеспечение 10
6. Методические рекомендации 10
7. Фонд оценочных средств 11

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целями освоения дисциплины «Реология и механика полимерных материалов» является: ознакомление с методами количественного описания 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.

Задачей реологии и механики полимеров является разработка общих принципов и предложений, исходя из которых, возможно получение количественных соотношений между измеряемыми величинами.

Обучение по дисциплине направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1. Способен анализировать задачи профессиональной деятельности на основе положений, законов и методов в области математики, естественных и технических наук	ИОПК-1.1. Использует основные законы базовых инженерных и технических дисциплин; ИОПК-1.2. Использует основные законы естественнонаучных дисциплин, правила построения технических схем и чертежей; ИОПК-1.3. Владеет основными методами технико-экономического анализа, навыками составления рабочих проектов в составе творческой команды; ИОПК-1.4. Знает принципиальные особенности моделирования математических, физических и химических процессов, предназначенные для конкретных технологических процессов, в том числе аддитивного производства;

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Реология и механика полимерных материалов» относится к обязательной части (Б.1.1) Блока 1 «Дисциплины (модули)» и входит в основную образовательную программу подготовки бакалавра по направлению подготовки 27.03.05 «Инноватика», профиль «Аддитивные технологии» очной формы обучения, изучается в 6 семестре.

Дисциплина базируется на следующих, пройденных дисциплинах:

- Химия и физическая химия;
- Основы материаловедения металлов, пластмасс и композиционных материалов;

Модуль «Математические и естественно-научные дисциплины»:

- Физика;

Модуль «Базовые инженерные дисциплины»:

- Теоретическая механика;
- Сопротивление материалов;

Дисциплина «Реология и механика полимерных материалов» - наука, описывающая механические свойства разнообразных материалов в разнообразных режимах деформирования, когда одновременно может проявляться их способность к течению и накоплению обратимых деформаций.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 академических часа (из них 36 часа – аудиторная работа, в том числе 18 часов лекций, 18 часов лабораторных занятий и 36 часов самостоятельной работы студента).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

3.1.1. Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестр
			6 семестр
1	**Аудиторные занятия**	**36**	36
	В том числе:		
1.1	Лекции	**18**	18
1.2	Семинарские/практические занятия		
1.3	Лабораторные занятия	**18**	18
2	**Самостоятельная работа**	**36**	36
	В том числе:		
2.1	Подготовка и защита лабораторных работ	**18**	18
2.2	Самостоятельное изучение	**18**	18
		36	
3	**Промежуточная аттестация**		
	Зачет/диф.зачет/экзамен	**зачет**	зачет
	Итого	**72**	72

3.2 Тематический план изучения дисциплины

(по формам обучения)

3.2.1. Очная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
	Тема 1. Основные понятия		1				1
	Тема 2. Релаксационные процессы в полимерных материалах		1				1
	Тема 3. Основы теории линейной вязкоупругости		1				1
	Тема 4. Расчет простейших конструкций из вязкоупругого материала		2				2

	Тема 5. Основные понятия реологии полимеров в вязко-текучем состоянии		2				2
	Тема 6. Основные понятия реологии полимеров в вязко-текучем состоянии		2				2
	Тема 7. Нелинейные модели вязкопластических жидкостей		2				2
	Тема 8. Задачи о течении расплава полимеров		2				2
	Тема 9. Экспериментальные методы реологии		1				2
	Тема 10. Реологические свойства полимеров		2				2
	Тема 11. Вязкоупругость при переработке полимеров		1				2
	Тема 12. Экологические аспекты дисциплины		1				1
	Лабораторная работа 1. Определение прочностных характеристик кристаллических и аморфных полимерных материалов.				2		2
	Лабораторная работа 2. Определение термомеханических характеристик кристаллических и аморфных полимеров.				2		2
	Лабораторная работа 3. Исследование процесса ползучести полимерных материалов в условиях одноосного напряженного состояния. Построение кривых ползучести и изохрон.				4		2
	Лабораторная работа 4. Исследование процесса ползучести при чистом изгибе балки.				2		2
	Лабораторная работа 5. Исследование процесса ползучести при прямом поперечном изгибе балки.				2		2
	Лабораторная работа 6. Исследование текучести расплавов полимеров на капиллярном вискозиметре.				2		2
	Лабораторная работа 7. Определение кривой течения расплавов полимеров на ротационном вискозиметре «конус-плоскость».				2		2
	Лабораторная работа 8. Определение кривой течения расплавов полимеров на ротационном вискозиметре «Цилиндр - цилиндр».				2		2
	Итого	**36**	**18**		**18**		**36**

3.3 Содержание дисциплины

Тема 1. Основные понятия.

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

Тема 2. Релаксационные процессы в полимерных материалах.

Ползучесть. Идеальная и реальная кривая ползучести. Прямое и обратное последействие. Понятие о линейной и нелинейной ползучести. Изохроны линейно ползучего и нелинейно ползучего материала. Время релаксации.

Тема 3. Основы теории 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.

Тема 4. Расчет простейших конструкций из вязкоупругого материала.

Центральное растяжение-сжатие стержня. Чистый прямой изгиб балки. Свободное кручение бруса круглого поперечного сечения.

Тема 5. Основные понятия реологии полимеров в вязко-текучем состоянии.

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.

Тема 6. Простейшие модели сплошной среды.

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.

Тема 7. Нелинейные модели вязкопластических жидкостей.

Нелинейные упругие тела и вязкие жидкости. Некоторые виды кривой течения неньютоновских жидкостей. Кривая течения Оствальда де-Виля. «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).

Тема 8. Задачи о течении расплава полимеров.

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).

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».

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

Тема 9. Экспериментальные методы реологии.

Эксперимент, как средство изучения законов деформации реальных вязких сред. Цели проведения экспериментальных реологических 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.

Схема устройства и принцип работы ротационного вискозиметра типа «конус-плоскость». Замеряемые и рассчитываемые параметры. Основные расчетные зависимости.

Схема устройства и принцип работы ротационного вискозиметра типа «цилиндр-цилиндр». Замеряемые и рассчитываемые параметры. Основные расчетные зависимости.

Автоматизированная обработка результатов визкозиметрических испытаний с целью нахождения параметров реологических уравнений состояния и построения кривых течения испытуемых полимеров.

Тема 10. Реологические свойства полимеров.

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.

Тема 11. Вязкоупругость при переработке полимеров.

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

Тема 12. Экологические аспекты дисциплины.

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.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1. Лабораторные занятия

1. Лабораторная работа 1. Определение прочностных характеристик кристаллических и аморфных полимерных материалов - 2 часа
2. Лабораторная работа 2. Определение термомеханических характеристик кристаллических и аморфных полимеров- 2 часа
3. Лабораторная работа 3. Исследование процесса ползучести полимерных материалов в условиях одноосного напряженного состояния. Построение кривых ползучести и изохрон - 2 часа
4. Лабораторная работа 4. Исследование процесса ползучести при чистом изгибе балки - 2 часа
5. Лабораторная работа 5. Исследование процесса ползучести при прямом поперечном изгибе балки - 2 часа

6. Лабораторная работа 6. Исследование текучести расплавов полимеров на капиллярном вискозиметре - 2 часа
7. Лабораторная работа 7. Определение кривой течения расплавов полимеров на ротационном вискозиметре «конус-плоскость» - 2 часа
8. Лабораторная работа 8. Определение кривой течения расплавов полимеров на ротационном вискозиметре «Цилиндр - цилиндр» - 2 часа

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Курсовые работы/проекты отсутствуют

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

Не предусмотрено

4.2 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. Основы реологии/Малкин А.Я. – СПб.: Профессия, 2018. – 336 с.
4. 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.

4.3 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.
2. Бердышев Б.В., Скопинцев И.В. Определение вязкости ньютоновских жидкостей: Методические указания. М.: МГУИЭ, 2009, 16 с.
3. Аналитические приборы, Мак-Махон Дж., – СПб.: Профессия, 2009. – 352 с.
4. 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.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Autodesk Moldflow

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

i. http://www.komef.ru/reopolimer.pdf

5. Материально-техническое обеспечение

Для проведения лекционных занятий необходимы аудитории, оснащенные мультимедийными проекторами и экранами. Для проведения лабораторных работ используется помещения кафедры «Процессы и аппараты химической технологии», а именно лаборатория механики полимеров и реологии полимеров, включающие универсальную испытательную машину, пластметр, вискозиметры (капиллярный, типа “конус-плоскость”, типа “цилиндр- цилиндр”).

6. Методические рекомендации

Методика преподавания дисциплины и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения аудиторных и внеаудиторных занятий:

– аудиторные занятия: лекции, лабораторные работы, тестирование;

– внеаудиторные занятия: самостоятельное изучение отдельных вопросов, подготовка к лабораторным работам.

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

На первом занятии по дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения (темами курса, формами занятий, текущего и промежуточного контроля), раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, довести до студентов требования к форме отчетности и применения видов контроля.

Целесообразно в ходе защиты лабораторных работ задавать выступающим и аудитории дополнительные и уточняющие вопросы с целью выяснения их позиций по существу обсуждаемых проблем.

Следует предоставить возможность выступления с места в виде кратких сообщений по подготовленному заранее вопросу.

В заключительной части занятий следует подвести его итоги: дать оценку выступлений каждого студента и учебной группы в целом. Раскрыть положительные стороны и недостатки проведенного занятия. Ответить на вопросы студентов. Выдать задания для самостоятельной работы по подготовке к следующему занятию.

Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS). Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое усвоение студентами вопросов, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

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 зачету.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы:
- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к лекционным занятиям;
- оформление отчетов по выполненным лабораторным работам и подготовка к их защите.

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;
- рефлексия;
- презентация работы или защита лабораторной работы.

7. Фонд оценочных средств

В процессе обучения в течение семестра используются оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций. Применяются следующие оценочные средства: тест, защита лабораторных работ, зачет.

Обучение по дисциплине направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	**Индикаторы достижения компетенции**
ОПК-1. Способен анализировать задачи профессиональной деятельности на основе положений, законов и методов в области математики, естественных и технических наук	ИОПК-1.1. Использует основные законы базовых инженерных и технических дисциплин; ИОПК-1.2. Использует основные законы естественнонаучных дисциплин, правила построения технических схем и чертежей; ИОПК-1.3. Владеет основными методами технико-экономического анализа, навыками составления рабочих проектов в составе творческой команды; ИОПК-1.4. Знает принципиальные особенности моделирования математических, физических и химических процессов, предназначенные для конкретных технологических процессов, в том числе аддитивного производства;

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Тест (Т)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий
2	ЗЛР	Средство проверки умений и навыков применять полученные знания для решения практических задач с помощью инструментальных средств.	Задания для защиты лабораторных работ

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Форма промежуточной аттестации: зачет.

Обязательными условиями подготовки студента к промежуточной аттестации является выполнение и защита студентом лабораторных работ, предусмотренных рабочей программой и прохождение всех промежуточных тестов не ниже, чем на 70% правильных ответов. Промежуточные тестирования могут проводится как в аудитории Университета под контролем преподавателя, так и дистанционном формате на усмотрение преподавателя.

Промежуточная аттестация в форме зачета проводится на 6 семестре по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по дисциплине, при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра.

Итоговая форма контроля – зачет. По итогам аттестации по дисциплине «Реология и механика полимерных материалов» выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

Шкала оценивания	**Описание**
Зачтено	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.

Не зачтено	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.

Шкала оценивания	**Описание**
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой. 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.
Хорошо	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.
Удовлетворительно	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.
Неудовлетворительно	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.

7.3 Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

Текущий контроль включает прохождение промежуточных тестирований по разделам дисциплины и защиту лабораторных работ. Промежуточные тестирования размещены в соответствующем курсе системы дистанционного обучения Университета. Примеры тестов представлены ниже. Отчеты по лабораторным работам размещаются студентами в соответствующем курсе системы дистанционного обучения Университета. Для подготовки к

тестированию и защите лабораторных работ в разделе приведён перечень контрольных вопросов.

Результаты текущего контроля могут быть использованы при промежуточной аттестации.

Примеры тестовых вопросов

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

2.

№ зад	τ, дин/см	γ, $с^{-1}$	№ зад	τ, дин/см	γ, $с^{-1}$
1.	10^2 $5*10^2$ 10^3 $5*10^3$	$1*10^2$ $5.59*10^3$ $3.162*10^4$ $1.768*10^6$	16.	$7*10^3$ $1.15*10^4$ $2.9*10^4$ $5.45*10^4$	69.6 166 837.8 8527
2.	10^2 $5*10^2$ 10^3 $5*10^3$	1.0 25.0 100 2500	17.	$6.4*10^3$ 10^4 $2.55*10^4$ $4.9*10^4$	10.57 19.48 70.23 171.8
3.	10^2 $5*10^2$ 10^3 $2*10^3$	2.77 36.07 $2.51*10^2$ $1.75*10^3$	18.	$5.4*10^5$ 10^6 $3*10^6$ $7*10^6$	3.88 10.72 65.7 266
4.	$3*10^2$ 10^3 $3*10^3$ 10^4	0.184 1.262 7.319 5024	19.	$5*10^5$ $9*10^5$ $1.35*10^6$ $1.8*10^6$	0.362 1.879 5.848 10.09
5.	$2*10^2$ $5*10^2$ 10^3 $2*10^3$	0.416 2.164 7.536 26.24	20.	$3.3*10^4$ $7*10^4$ $1.35*10^5$ $2.2*10^5$	0.943 5.74 27.74 89.57
6.	$1.5*10^2$ $4*10^2$ $8*10^2$ $2*10^3$	0.545 3.515 13.12 74.82	21.	$7*10^4$ $2.4*10^5$ $3.2*10^5$ $6*10^5$	8.29 74.15 465 2462
7.	$1.6*10^2$ $4.5*10^2$ $9*10^2$ $1.8*10^3$	2.234 36.8 236.8 1539	22.	$1.1*10^5$ $2.4*10^5$ $5.6*10^5$ 10^6	$4.93*10^{-2}$ 0.274 1.77 6.34
8.	$1.8*10^3$ $4.7*10^3$ $8.8*10^3$ $1.3*10^4$	$1.83*10^2$ $3.94*10^3$ $2.93*10^4$ $1.02*10^5$	23.	750 1400 2200 5000	2.99 9.206 20.77 91.03

9.	$1.4*10^4$ $4*10^4$ $7*10^4$ $9*10^4$	$4.28*10^2$ $1.107*10^4$ $6.28*10^4$ $1.369*10^5$	24.	77 140 270 560	1.41 3.66 10.48 33.68
10.	$5*10^2$ $8*10^2$ $1.1*10^3$ $2.8*10^3$	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 $1.12*10^3$	26.	240 420 790 1300	$5.16*10^{-2}$ 0.198 0.9 2.97
12.	$1.45*10^2$ $3.7*10^2$ $1.15*10^3$ $3.65*10^3$	$6.08*10^{-3}$ $5.245*10^{-2}$ 0.712 10.14	27.	$6*10^5$ $9*10^5$ $1.2*10^6$ $1.8*10^9$	17.2 69.7 188 761
13.	$1.35*10^2$ $2.9*10^2$ $5.9*10^2$ $1.25*10^3$	$2.76*10^{-2}$ $7.46*10^{-2}$ 0.188 0.498	28.	$2*10^5$ $3*10^5$ $5*10^5$ $8*10^5$	1.19 4.58 25 118
14.	$3*10^2$ $7*10^2$ $1.1*10^3$ $2.4*10^3$	14.03 50 98.5 317.45	29.	$8*10^4$ $1.3*10^5$ $1.8*10^5$ $2.7*10^5$	9.74 60.2 203.8 932.5
15.	$3*10^3$ $1.4*10^4$ $3.1*10^4$ $5.8*10^4$	9.13 20.55 65 161.4	30.	$5*10^4$ $8*10^4$ $1.3*10^5$ $2*10^5$	10.59 66.2 439.9 2360
31	80 130 270 530	$6.06*10^{-3}$ $2.09*10^{-2}$ 0.135 0.752	33.	$1.7*10^5$ $3.2*10^5$ $5.9*10^5$ $8.5*10^5$	6.75 28.9 118.1 237.5
32.	$1.7*10^6$ $3.1*10^6$ $6*10^6$ $9*10^6$	4.13 12.93 45.25 98.0	34.	$2.3*10^5$ $3.6*10^5$ $5.4*10^5$ $9.8*10^5$	53.04 185.9 578.8 3070

3. По кривой течения для среднего значения γ определить кажущуюся вязкость деформируемой жидкости.

4. Для средних значений τ и γ определить для вискозиметра типа “ конус-плоскость” угловую скорость вращения конуса Wк и реализуемый крутящий момент М.
Радиус деформируемого слоя R=10мм , 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 =1мм и z=10мм. Входовый эффект не учитывать.

Вопросы для защиты лабораторных работ

При изучении курса учащийся должен самостоятельно проработать следующие разделы по тематике лабораторных работ:

- Молекулярно – кинетическая теория вязкотекучего состояния полимеров:
- Основные схемы организации течения
- Уравнения реологического состояния
- Графическое представление уравнений реологического состояния
- Экспериментальное исследование реологических свойств полимерных композиций
- Наложение различных физико-химических процессов на стационарные реологические потоки и эффекты взаимодействия
- Реология в технологических процессах переработки полимерных материалов

7.3.2 Вопросы для промежуточной аттестации

Вопросы к зачету:

1. «Входовой эффект» в капиллярных вискозиметрах и метод их учета при построении кривых течения.
2. «Краевые эффекты» в ротационных вискозиметрах типа «цилиндр – цилиндр» и метод их учета при проведении экспериментов.
3. Введение понятия о тензоре напряжений и физический смысл его компонентов.
4. Вывод зависимостей для определения напряжений и скоростей сдвига в зазоре ротационного вискозиметра типа «конус – плоскость».
5. Вывод зависимостей для определения напряжений и угловых скоростей движения частиц среды в зазоре ротационного вискозиметра типа «цилиндр - цилиндр». (В общем виде).
6. Двухосное растяжение–сжатие как частный кинематический вид деформаций. Компоненты тензора деформаций в различных мерах деформаций.
7. Методика определения реологических параметров при испытаниях полимерных сред со степенным реологическим уравнениям на ротационных вискозиметрах типа «цилиндр – цилиндр».
8. Нелинейное реологическое уравнение А.И. Леонова и его представление в общих и двойных логарифмических координатах.
9. Нелинейное степенное реологическое уравнение и его представление в общих и двойных логарифмических координатах.
10. Общие принципы капиллярной вискозиметрии.
11. Общие принципы капиллярной вискозиметрии.
12. Общие принципы ротационной вискозиметрии. Устройство и принцип работы ротационного вискозиметра типа «цилиндр – цилиндр».
13. Общие принципы ротационной вискозиметрии. Устройство и принцип работы ротационного вискозиметра типа «конус – плоскость».
14. Общий вид тензора деформаций и физический смысл его компонентов.

15. Одноосное растяжение-сжатие как частный кинематический вид деформаций. Компоненты тензора деформаций в различных мерах деформаций.
16. Понятие о вязкой ньютоновской жидкости: механическая модель и реологическое уравнение состояния.
17. Понятие о деформации в сплошной среде. Однородная деформация.
18. Понятие о динамической вязкости. Явления аномалии вязкости. Кривая течения Оствальда–де –Виля.
19. Понятие о законе деформации.
20. Понятие о напряжении и напряженном состоянии тела.
21. Понятие о нелинейных реологических уравнениях состояния: геометрическая и физическая нелинейность.
22. Понятие о пластическом теле Сен-Венана: механическая модель и реологическое уравнение состояния.
23. Понятие о тензоре деформаций: методология его образования.
24. Понятие об идеально упругом теле Гука: механическая модель и реологическое уравнение состояния.
25. Понятие об изотропном расширении – сжатии как частном кинематическом виде деформаций. Компоненты тензора деформаций для несжимаемых сред.
26. Понятие об однородном напряженном состоянии среды.
27. Предмет и задачи реологии полимеров
28. Простейшие свойства идеальных тел и их физическая природа: упругость, эластичность, вязкое и пластическое течения.
29. Простой одноосный сдвиг как частый кинематический вид деформаций. Компоненты тензора деформаций в различных мерах деформаций.
30. Распределение скоростей частиц потока жидкости при ее установившемся ламинарном изотермическом сдвиговом течении в круглой трубе (Вывод общей зависимости).
31. Распределение скоростей частиц потока и объемный расход жидкости со степенным реологическим уравнением при ее установившемся ламинарном изотермическом сдвиговым течением в круглой трубе. (На основе общей зависимости распределения скоростей частиц потока).
32. 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).
33. Статистический и феноменологический подходы к изучению законов деформации.
34. Термомеханические (релаксационные) состояния аморфных полимеров.
35. Физические состояния полимеров.
36. Физические типы деформаций полимеров.
37. Цели и задачи экспериментальной реологии. Приборы, используемые для проведения реологических исследований.
38. Чистый сдвиг как частный кинематический вид деформаций. Компоненты тензора деформаций в различных мерах деформаций.