



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

**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

Электротехнический факультет
Кафедра «Конструирование и технологии в электротехнике»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
д-р техн. наук, проф.

Н. В. Лобов Н. В. Лобов

29» 11 2016 г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«Переработка полимеров»**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Программа бакалавриата - академическая

Направление

13.03.02 «Электроэнергетика и
электротехника»

**Направленность (профиль) про-
граммы бакалавриата**

Конструирование и технологии в электро-
технике

Квалификация выпускника:

Бакалавр

Выпускающая кафедра:

Конструирование и технологии в элек-
тротехнике

Форма обучения:

Очная

Курс: 4

Семестр(-ы): 7

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 4 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 144 ч

Виды контроля: Экзамен - 7 семестр, курсовой проект – 7 семестр

Пермь 2016

Рабочая программа дисциплины «Переработка полимеров» разработана на основании:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации «03» сентября 2015 г. номер приказа «955» по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (уровень бакалавриата);
- компетентностной модели выпускников по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, профиль программы бакалавриата «Конструирование и технологии в электротехнике», утвержденной «28» апреля 2016 г.;
- базового учебного плана очной формы обучения по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, профиль программы бакалавриата «Конструирование и технологии в электротехнике», утвержденного «28» апреля 2016 г.

Рабочая программа согласована:

с рабочими программами дисциплин: «Экология», «Технология производства кабелей», «Технология диэлектриков», «Производство диэлектрических материалов и изделий из них», «Теория автоматического управления», «Теплопередача», «Электротехническое и конструктивное материаловедение», «Оптические и электрические кабели связи», «Основы электроизоляционной и конденсаторной техники», «Методы испытания электрической изоляции».

Разработчик д-р техн. наук, проф.

 Н.М.Труфанова

Рецензент канд. техн. наук.,

 А.В.Казakov

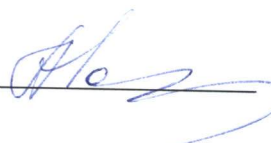
Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Конструирование и технологии в электротехнике» «08» сентября 2016 г., протокол № 1

Заведующий кафедрой, ведущей дисциплину
д-р техн.наук, проф.

 Н.М. Труфанова

Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией Электротехнического факультета «17» 10 2016 г., протокол № 10.

Председатель учебно-методической комиссии
электротехнического факультета,
канд. техн. наук, проф.

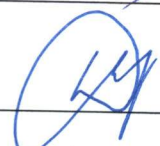
 А. Л. Гольдштейн

СОГЛАСОВАНО

Заведующий выпускающей кафедрой
«Конструирование и технологии в электротехнике»,
д-р техн. наук, проф.

 Н. М. Труфанова

Начальник управления образовательных
программ, канд. техн. наук, доц.

 Д. С. Репецкий

1 Общие положения

1.1 Цель учебной дисциплины «Переработка полимеров» – формирование теоретической базы в области производства кабелей с пластмассовой изоляцией, формирование знаний в области теории тепломассопереноса.

В процессе изучения дисциплины студент расширяет и углубляет части следующих компетенций:

- готовность обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике (ПК-7);
- способность использовать основные физико-химические закономерности процессов в электрической изоляции электроэнергетических, электротехнических и радиоэлектронных устройств, кабельных изделиях и проводах, электрических конденсаторах, материалах и системах электрической изоляции для технологии разработки, изготовления и эксплуатации материалов и изделия электроизоляционной, кабельной и конденсаторной техники (ПСК-2)

1.2 Задачи учебной дисциплины

• формирование знаний

- - изучение теории переработки полимеров- литье под давлением, каландрование, экструзия;
- изучение технологии производства кабелей с пластмассовой изоляцией;
- изучение физико-химических свойств полимерных изоляционных материалов;
- изучение методов расчета и исследования параметров технологических режимов;

• формирование умений

- - анализировать работу технологического изоляционного оборудования;

• формирование навыков

- - работы с интегрированными средами разработки аппаратных средств и прикладного программного обеспечения;
- в обработке, анализе и представлении результатов исследований процессов тепломассопереноса.

1.3 Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- технология получения кабелей и проводов с полимерной изоляцией;
- явления переноса;
- математические модели процесса экструзии при изготовлении кабелей;
- технология и математические модели процесса охлаждения изоляции.
- методы решения задач тепломассопереноса;
- физико-механические свойства полимерных изоляционных материалов;
- модели реологического поведения полимерных материалов

1.4 Место дисциплины в структуре профессиональной подготовки выпускников.

Дисциплина «Переработка полимеров» относится к вариативной части Блока 1 и является обязательной при освоении ОПОП по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

В таблице 1.1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций, заявленных в пункте 1.1.

Таблица 1.1 - Дисциплины, направленные на формирование компетенций

Код	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины
Профессиональные компетенции			
ПК-7	готовность обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике	Б1.В.09 Теория автоматического управления Б1.ДВ.06.1 Технология диэлектриков Б1.ДВ.06.2 Производство диэлектрических материа-	Б1.В.06 Технология производства кабелей
ПСК-2	Способность использовать основные физико-химические закономерности процессов в электрической изоляции электроэнергетических и радиоэлектронных устройств, кабельных изделиях и проводах, электрических конденсаторах, материалах и системах электрической изоляции для технологии разработки, изготовления и эксплуатации материалов и изделий электроизоляционной, кабельной и конденсаторной техники.	Б1.ДВ.03.1 Теплопередача Б1.Б.12 Электротехническое и конструкционное материаловедение Б1.В.04 Оптические и электрические кабели связи	Б1.В.06 Технология производства кабелей

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

2.1. Дисциплинарная карта компетенции ПК-7

Код ПК-7	Формулировка компетенции готовность обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике
-----------------	---

Код Б1.В.07 ПК-7	Формулировка дисциплинарной части компетенции Готовность проводить анализ и выбор режимов экструзии, обеспечивающих эффективные режимы технологического процесса.
-------------------------	---

Требования к компонентному составу компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
знать: - законы сохранения; - математическое описание процессов переноса; - реологические особенности полимеров; - технологию производства кабелей с пластмассовой изоляцией; - технологические основы экструзии изоляционных полимеров - конструктивные особенности прессов для производства кабелей с пластмассовой изоляцией; - принципы работы экструзионного оборудования;	<i>Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала</i>	<i>Вопросы диф. зачета Тестовые и контрольные вопросы текущего и промежуточного контроля</i>
уметь: - формулировать задачи исследования; - разрабатывать математические модели процессов тепломассообмена; - обосновывать упрощающие предположения; - обосновывать рациональные режимы процесса наложения пластмассовой изоляции; - анализировать полученные результаты - рассчитывать параметры технологических режимов переработки термопластов на шнековых прессах; - выбирать оптимальные способы переработки полимерных изоляционных материалов; - использовать в практической деятельности экспериментальные факторы, результаты исследований, формулы, термины, введенные в данном курсе; - прогнозировать изменение свойств диэлектрических материалов под влиянием внешних факторов; производить обоснованный выбор необходимых параметров технологических опера-	<i>Практические занятия. Лабораторные работы Самостоятельная работа студентов по решению практических задач.</i>	<i>Вопросы диф. зачета Вопросы контрольной работы Типовое задание к лабораторным работам Типовое задание к курсовому проекту</i>

ций;		
владеть - опытом реализации математических моделей с помощью численных методов; - навыками расчета основных параметров технологического режима экструзии; - методом математического моделирования процессов тепломассопереноса; - навыками расчета основных параметров технологического режима экструзии; - опытом реализации математических моделей с помощью численных методов;	<i>Лабораторные работы. Самостоятельная работа студентов по решению лабораторных задач.</i>	<i>Вопросы диф. зачета Вопросы контрольной работы Типовое задание к лабораторным работам Типовое задание к курсовому проекту</i>

2.2. Дисциплинарная карта компетенции ПСК-2

Код ПСК-2	Формулировка компетенции Способность использовать основные физико-химические закономерности процессов в электрической изоляции электроэнергетических и радиоэлектронных устройств, кабельных изделиях и проводах, электрических конденсаторах, материалах и системах электрической изоляции для технологии разработки, изготовления и эксплуатации материалов и изделий электроизоляционной, кабельной и конденсаторной техники.
------------------	--

Код Б1.В.07 ПСК-2	Формулировка дисциплинарной части компетенции Способность использовать знания о физико-химических закономерностях изоляционных материалов при производстве и эксплуатации кабельных линий
--------------------------	---

Требования к компонентному составу компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
знать: - классификацию полимерных материалов; терминологию, определения основных свойств и технологических характеристик, основы строения полимерных веществ, особенности подвижности полимерных макромолекул; - физические состояния полимеров и закономерности деформационного и реологического поведения полимеров; - технологические способы переработки электроизоляционных материалов.	<i>Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.</i>	<i>Вопросы диф. зачета Тестовые и контрольные вопросы текущего и промежуточного контроля</i>
уметь: - выбирать оптимальные способы переработки полимерных изоляционных материалов; - использовать в практической деятельности экспериментальные факторы, результаты исследований, формулы, термины, введенные в данном курсе; - прогнозировать изменение свойств диэлектрических материалов под влиянием внешних	<i>Практические занятия. Лабораторные работы Самостоятельная работа студентов по решению практических задач.</i>	<i>Вопросы диф. зачета Вопросы контрольной работы Типовое задание к лабораторным работам Типовое задание к курсовому проекту</i>

факторов;		
владеть: - навыками измерения прочностных, вязкостных и теплофизических характеристик расплавов и растворов полимеров.	<i>Лабораторные работы.</i> <i>Самостоятельная работа студентов по решению лабораторных задач.</i>	<i>Вопросы диф. зачета</i> <i>Вопросы контрольной работы</i> <i>Типовое задание к лабораторным работам</i> <i>Типовое задание к курсовому проекту</i>

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Объем дисциплины в зачетных единицах составляет 4 ЗЕ. Количество часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся указано в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Виды учебной работы	Трудоёмкость, ч	
		семестр 7	всего
1	2	3	4
1	Аудиторная (контактная работа)	54	54
	- в том числе в интерактивной форме	25	25
	- лекции (Л)	18	18
	- в том числе в интерактивной форме	9	9
	- практические занятия (ПЗ)	16	16
	- в том числе в интерактивной форме	8	8
	- лабораторные работы (ЛР)	16	16
	- в том числе в интерактивной форме	8	8
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4
3	Самостоятельная работа студентов (СРС)	90	90
	- изучение теоретического материала	38	38
	- расчётно-графические работы	-	-
	- курсовой проект	-	-
	- курсовая работа	-	-
	- реферат	-	-
	- подготовка к аудиторным занятиям (лекциям, практическим, лабораторным)	8	8
	- подготовка отчетов по лабораторным работам (практическим занятиям)	8	8
	- выполнение курсового проекта	36	36
	- индивидуальные задания	-	-
4	Итоговый контроль (промежуточная аттестация обучающихся) по дисциплине диф.зачет	0	0
5	Трудоёмкость дисциплины, всего:		
	в часах (ч) в зачётных единицах (ЗЕ)		144 4

4. Содержание учебной дисциплины

4.1 Модульный тематический план

Таблица 4.1 – Тематический план по модулям учебной дисциплины

Номер учеб- ного мо- дуля	Номер раз- дела дис- цип- лины	Номер темы дисциплины	Количество часов и виды занятий (очная форма обучения)							Трудоём- кость, ч/ЗЕ
			аудиторная работа				КСР	Самос- тоятельная работа	Итоговый контроль	
			всего	Л	ПЗ (С)	ЛР				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	Введение	0,5	0,5						0,5
		1	4	2	2			5		9
		2	4	2	2			7		11
		3	9	1	4	4	2	9		20
	Всего по модулю:		17,5	5,5	8	4	2	21		40,5/1,2
2	2	4	10,5	4,5	2	4		10		20,5
		5	10	4	2	4		11		21
		6	12	4	4	4	2	12		26
		Курсовой проект						36		36
	Всего по модулю:		32,5	12,5	8	12	2	69		103,5/2,8
Промежуточная аттеста- ция									Диф.зачет	
Всего:			50	18	16	16	4	90		144/4

4.2 Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Модуль 1

Физико-механические основы переработки полимеров

Раздел 1. Физико-механические основы переработки полимеров

Л – 5,5ч, ПЗ -8ч, ЛР – 4ч, СРС – 21ч, КСР-2.

Введение. Л-0,5 ч

Цели, предмет и задачи курса «Переработка полимеров»; содержание дисциплины. Классификация способов наложения изоляционных материалов. Исторический путь развития экструзии. Характеристика технологического процесса наложения изоляции. Шнековые аппараты - как основные элементы технологической цепи. Классификация, сходство и различие пресс-машин, используемых для наложения различных изоляционных материалов. Библиографический список. Терминология.

Тема 1. Явления переноса.

Прикладная наука о транспортных явлениях, рассматривающая перенос массы, количества движения, энергии. Характеристика и вывод основных соотношений теории переноса: закона сохранения количества движения, закона сохранения массы, закона сохранения энергии. Силы в сплошной среде. Тензор напряжения. Уравнения неразрывности, движения, энергии, их характеристика и физическая интерпретация. Тензоры деформаций, градиентов скоростей, скоростей деформаций, вращательный тензор.

Л – 2ч, ПЗ -2ч, СРС – 5ч

Тема 2. Реология полимеров.

Теплофизические и реологические характеристики изоляционных материалов, их зависимость от различных факторов. Вязкость полимеров. Классификация полимерных материалов. Модели вязких жидкостей. Степенной закон, закон Керри. Температурная зависимость вязкости. Математические модели вязкоупругих полимеров. Релаксация напряжений, явление ползучести. Получение и анализ физических (реологических) законов для различных материалов. Вискозиметры. Экспериментальные способы определения вязкости. Реологические зависимости, полученные по экспериментальным данным.

Л – 2 ч, ПЗ -2ч, СРС – 7ч,

Тема 3. Математические модели течения.

Виды и режимы течения. Общая система дифференциальных уравнений, описывающих течение движения в жидкой среде. Уравнения Навье-Стокса. Условия однозначности, граничные и начальные условия в процессах переработки полимерных материалов. Основные допущения о характере течения. Квазистационарность процессов. Условия реализации взаимодействия среды со стенками канала: прилипание, проскальзывание, «стик-слип».

Л – 1ч, ПЗ -4ч, ЛР – 4ч, СРС – 9ч, КСР-2.

Модуль 2

Экструзионный метод наложения изоляции

Раздел 2. Экструзионный метод наложения изоляции.

Л – 12,5 ч, ПЗ – 8 ч, ЛР – 12 ч, СРС – 68 ч, КСР-2 ч.

Тема 4. Наложение изоляции на провод и кабель.

Разновидности головок, используемых для наложения изоляции. Геометрия и составляющие части кабельных головок. Анализ течение полимерного материала в кабельной головке. Параметры течения. Математические модели, описывающие течение полимера в канале кабельной головки. Методы реализации математических моделей.

Влияние технологических и реологических параметров на толщину изоляции и ее качество. Инженерная методика и общий подход к расчету давления, расхода, толщины изоляции. Принципы наложения многослойной изоляции на жилу. Конструкция кабельной головки. Подходы к решению задач тепломассообмена в каналах сложной геометрии.

Л – 4,5ч, ПЗ -2ч, ЛР – 4ч, СРС – 10ч

Тема 5. Теоретические основы экструзии изоляционных материалов.

Характеристика схемы экструзионной линии для изолирования провода кабеля, Классификация и разновидности пресс-машин. Назначение экструдера, принцип работы. Критерии работы экструдера конструктивные особенности шнекового аппарата. Геометрия шнека. Влияние геометрии шнека на производительность машины, качество изоляции. Характеристика функциональных зон экструдера.

Особенности движения материала в винтовом канале экструдера. Обоснование запускающего предложения о характере движения. Теоретический анализ процессов движения и теплообмена материала в зоне загрузки. Трение - как основная движущая и нагнетающая сила механизма транспортировки. Вывод зависимости распределение давления по длине канала.

Физическая природа процессов в зоне плавления экструдера. Теоретический анализ процессов тепломассообмена в условиях фазового перехода. Вывод определяющих соотношений. Характеристика зоны плавления, влияние геометрии, технологических и теплофизических факторов на длину зоны плавления, интенсивность плавления.

Анализ работы зоны дозирования. Закономерности процессов течения в зоне. Расходно-напорные характеристики. Особенности и отличие процессов тепломассообмена в зоне дозирования.

Л – 4ч, ПЗ -2ч, ЛР – 4ч, СРС – 11ч

Тема 6. Теоретические основы процессов охлаждения изолированной жилы или оболочки кабеля.

Способы охлаждения изоляции, методы контроля толщины изоляции. Виды и причины брака, возникающего при охлаждении кабеля. Теоретические основы процессов охлаждения изолированного провода (кабеля) в охлаждающей ванне. Постановка температурных задач.

Методы решения задач охлаждения. Определение длины охлаждающей ванны, температуры на выходе из охлаждающей ванны, выбор температур охлаждающей среды по длине ванны. Определение зависимости последней от различных факторов: геометрических, технологических, теплофизических. Влияние технологических параметров на процесс охлаждения изолированного провода.

Способы регулирования технологических процессов. Взаимосвязь и взаимовлияние различных технологических факторов на качество и скорость наложения изоляции. Выбор оптимальных режимов работы элементов технологической цепи. Критерии качества изоляции.

Л – 4ч, ПЗ -4ч, ЛР – 4ч, СРС – 12ч, КСР-2.

4.3 Перечень тем практических занятий

Таблица 4.2 – Темы практических занятий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия
1	1	<i>Явления переноса.</i> Законы сохранения: закон сохранения массы, энергии импульса. Массовые и поверхностные силы. Тензор напряжения. Тензор градиентов скоростей. Тензор скоростей деформаций. Уравнение неразрывности
2	2	<i>Реология полимеров</i> Ньютоновские и неньютоновские жидкости. Реологические уравнения. Степенной закон. Второй инвариант тензора скоростей деформаций. Определение реологических констант по экспериментальным данным. Температурные зависимости вязкости термопластов.
3	3	<i>Математические модели течения</i> Условия однозначности. Определяющие уравнения. Течение Пуазейля. Течение Куэтта. Режим заданного расхода. Режим заданного градиента давления. Неизотермическое течение ньютоновской жидкости между параллельными пластинами. Течение неньютоновской жидкости в трубе.
4	4	<i>Наложение изоляции на провод и кабель</i> Классификация кабельных головок. Характеристики течения в каналах трубных и напорных головок. Модель Мак-Келви. Модель цилиндрического зазора. Обобщенная модель течения.
5	5	<i>Теоретические основы экструзии изоляционных материалов.</i> Геометрия шнека. Критерии работы экструдера. Функциональные зоны экструдера. Зона загрузки. Математическая модель движения и теплообмена в зоне питания.
6	6	<i>Зоны пластикации</i> Зона задержки плавления. Постановка задачи течения и плавления в зоне. Граничные условия. Допущения. Модель Тадмора. Баланс масс. Баланс потоков тепла. Определение длины зоны плавления. Методы реализации математических моделей.
7	7	<i>Зона дозирования</i>

8	8	Течение в винтовом канале экструдера. Принцип обращенного движения. Математические модели неизотермического течения. Методы решения задач. Решение задач тепломассообмена в пакете прикладных задач ANSYS. <i>Теоретические основы процессов охлаждения изолированной жилы</i> Постановка задачи. Математические модели охлаждения изолированной жилы. Допущения. Определение коэффициентов теплоотдачи. Метод конечных разностей. Методы решения систем алгебраических уравнений.
---	---	---

4.4 Перечень тем лабораторных работ

Таблица 4.3– Темы лабораторных работ.

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы лабораторной работы
1	3	<i>Математические модели течения в каналах кабельных головок</i> При экструзии полимерных материалов одним из наиболее важных узлов, отвечающих за качество готового изделия, с точки зрения обеспечения его геометрических размеров является кабельная головка. Производится расчет параметров течения в напорной кабельной головке по модели Мак-Келви и модели цилиндрического зазора. <i>Зона загрузки</i> Твердый материал в канале зоны загрузки пластицирующего экструдера продвигается вдоль канала за счет сил трения, возникающих между полимером и цилиндрическим корпусом. Материал, захваченный цилиндрической поверхностью, наталкивается на встречающий гребень шнека и продвигается по винтовому каналу. Производится расчет длины зоны загрузки, изменение температурного поля в полимере при различных значениях технологически параметров. <i>Зона плавления</i> Изучение процессов тепломассопереноса полимера в зоне плавления червячного пресса. Задачей лабораторной работы является исследование влияния геометрических, технологических и физических факторов на изучаемый процесс с применением метода математического моделирования, позволяющего избежать проведения длительных и дорогостоящих экспериментов. <i>Охлаждение изолированного провода.</i> Изучение процесса охлаждения изолированной жилы. Задачей лабораторной работы является исследование влияния параметров технологического режима охлаждения изолированной жилы на процесс охлаждения с применением метода математического моделирования и численных методов. Задачей лабораторной работы заключается в определении температурного поля в сечениях проводника и изоляции с целью выбора рационального режима охлаждения.
2	4	
3	5	
4	6	

4.5. Курсовой проект

Тема типового курсового проекта:

«Численное исследование процесса охлаждения пластмассовой изоляции с учетом нелинейных свойств материалов (по вариантам)».

Цель проектирования: закрепление, обобщение и углубление полученных студентами теоретических знаний, формирование готовности разрабатывать новые технологические линии по производству кабелей с пластмассовой изоляцией.

В процессе выполнения проекта студент получает навыки самостоятельного решения инженерно-технических задач, навыки работы с литературой, навыки проектирования экструзионных линий, рационального выбора технологических параметров. Защита работы помогает выработке инженерной эрудиции.

Структура и содержание проекта

Техническое задание

Введение

Глава 1. *Анализ объекта исследования.*

- 1.1. Техническое описание участка технологической цепочки - процесса охлаждения изолированного провода.
- 1.2. Технологические параметры работы процесса изолирования провода.
- 1.3. Формирование требований к процессу наложения пластмассовой изоляции.
- 1.4. Выбор принципа охлаждения.
- 1.5. Выбор элементов технологического оборудования процесса охлаждения

Глава 2. *Математическое моделирование процесса теплопереноса при охлаждении изоляции кабеля.*

- 2.1. Обоснование допущений математической модели.
- 2.2. Определяющие уравнения и краевые условия.
- 2.3. Определение коэффициента теплоотдачи по заданным геометрическим параметрам и условиям охлаждения

Глава 3. *Численная реализация задачи в дифференциальной постановке*

- 3.1. Выбор метода решения.
- 3.2. Дискретизация задачи.
- 3.3. Выбор метода решения САУ.
- 3.4. Анализ сходимости численного метода.
- 3.5. Тестовые задачи.

Глава 4. *Численное исследование процесса и анализ результатов.*

- 4.1. Влияние геометрии кабеля на выходную температуру изоляции.
- 4.2. Влияние теплофизических характеристик на процесс охлаждения изоляции кабеля.
- 4.3. Влияние технологических параметров на охлаждение полимера.

5. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся 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. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Изучение дисциплины осуществляется в течение одного семестра, график изучения дисциплины приводится п. 7.
5. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

Тематика для самостоятельного изучения дисциплины:

Тема № 1. Уравнения движения в динамических переменных. Шаровой и девиаторный тензора.

Тема № 2. Реологические уравнения для вязко-упругой жидкости. Модель Максвелла, модель Фойхта, Модель Кельвина.

Тема № 3. Течение нелинейно-вязкой жидкости в нестационарном режиме.

Тема № 4. Принципы наложения многослойной изоляции на жилу. Параметры процесса. Принципы управления процессом.

Тема № 5. Аналитические соотношения, описывающие процесс плавления в канале переменного сечения пластицирующего экструдера.

Тема № 6. Математическая модель охлаждения изолированного провода с учетом зависимости теплофизических характеристик от температуры.

5.1. Виды самостоятельной работы студентов

Таблица 5.1 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоёмкость, часов
1	Изучение теоретического материала, подготовка к лекциям, подготовка к практическим занятиям,	2 2 1
2	Изучение теоретического материала, подготовка к лекциям, подготовка к практическим занятиям,	2 2 3
3	Изучение теоретического материала, подготовка к лекциям, подготовка к практическим занятиям, подготовка к лабораторным занятиям	2 2 3 2
4	Изучение теоретического материала, подготовка к лекциям, подготовка к лабораторным занятиям	4 3 3
5	Изучение теоретического материала, подготовка к лекциям, подготовка к лабораторным занятиям	4 3 4

6	Изучение теоретического материала, подготовка к лекциям, подготовка к лабораторным занятиям	4 4 4
	Курсовой проект	36
	Итого: в ч / в ЗЕ	90/2,5

5.2 Изучение теоретического материала

На самостоятельное изучение выносятся следующие вопросы:

Тема № 1. Уравнения движения в динамических переменных. Шаровой и девиаторный тензора.

Тема № 2. Реологические уравнения для вязко-упругой жидкости. Модель Максвелла, модель Фойхта, Модель Кельвина.

Тема № 3. Течение нелинейно-вязкой жидкости в нестационарном режиме.

Тема № 4. Принципы наложения многослойной изоляции на жилу. Параметры процесса. Принципы управления процессом.

Тема № 5. Аналитические соотношения, описывающие процесс плавления в канале переменного сечения пластицирующего экструдера.

Тема № 6. Математическая модель охлаждения изолированного провода с учетом зависимости теплофизических характеристик от температуры.

5.3. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя, которые нацелены на активизацию процессов усвоения материала, стимулирования ассоциативного мышления студентов и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области; формируются группы (команды); каждое практическое занятие проводится по своему алгоритму. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем; отработка командных навыков взаимодействия; закрепление основ теоретических знаний с позиций системного представления; развитие творческих навыков по управлению рисками через разработку и реализацию мероприятий по защите от них.

6. Фонд оценочных средств дисциплины

6.1 Текущий и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Текущий и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций проводится в форме защиты отчетов по практическим занятиям. Всего предусмотрено 8 отчетов по практическим занятиям внутри каждого учебного модуля (модуль 1 – 3 работы, модуль 2 – 2 работы, модуль 3 – 3 работы).

6.2 Рубежный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Рубежный контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится по окончании модулей дисциплины в следующих формах:

- контрольная работа (модуль 1, 2, 3).

Тематика контрольных работ:

Модуль 1

1 Физико-механические основы переработки полимеров

2 Реология полимеров

3 Математические модели течения

Модуль 2

4 Наложение изоляции на провод и кабель

5 Теоретические основы экструзии изоляционных материалов

6 Теоретические основы процессов охлаждения изолированной жилы или оболочки кабеля

6.3 Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Дифференцированный зачет.

Дифференцированный зачет по дисциплине проводится с использованием фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (разрабатывается отдельным документом). Оценка выставляется с учетом результатов рубежного контроля.

Фонды оценочных средств, включающие типовые задания к лабораторным работам, тесты и методы оценки, критерии оценивания, перечень контрольных точек и таблица планирования результатов обучения, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины, входят в состав РПД в виде приложения.

6.4 Виды текущего, рубежного и промежуточного контроля освоения элементов и частей компетенций

Таблица 6.1 - Виды контроля освоения элементов и частей компетенций.

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий и промежуточный			Рубежный	Промежуточная аттестация	
	*ТТ	РТ	ЛР	РК	Диф.зачет	КП
Усвоенные знания						
3.1 знать математическое описание процессов переноса;	ТТ1	РТ1			ТВ	КП
3.2 знать конструктивные особенности прессов для производства кабелей с пластмассовой изоляцией;	ТТ2	РТ2				
3.3 знать принципы работы экструзионного оборудования;	ТТ3	РТ3				
3.4 знать классификацию полимерных материалов ;	ТТ4	РТ4				
3.5 знать терминологию, определения основных свойств и технологических характеристик, основы строения полимерных веществ, особенности полимерных макромолекул;	ТТ5	РТ5				
3.6 знать физические состояния полимеров и закономерности деформационного и реологического поведения полимеров;	ТТ6	РТ6				
3.7 знать способы переработки электроизоляционных материалов ;	ТТ7	РТ7				
Освоенные умения						
У1 уметь разрабатывать математические модели процессов тепломассообмена;			ОЛР1-4	РКР1-2	ПЗ	КП
У2 уметь рассчитывать параметры технологических режимов переработки термопластов на шнековых прессах;			ОЛР1-4	РКР1-2		
У3 уметь использовать в практической деятельности экспериментальные факторы, результаты исследований, формулы, термины, введенные в данном курсе;			ОЛР1-4	РКР1-2		
У4 уметь прогнозировать изменение свойств диэлектрических материалов под влиянием внешних факторов			ОЛР1-4	РКР1-2		
У5 уметь производить обоснованный выбор необходимых параметров технологических операций;			ОЛР1-4	РКР1-2		
У6 уметь выбирать оптимальные способы переработки полимерных изоляционных материалов;			ОЛР1-4	РКР1-2		
У7 уметь использовать в практике			ОЛР1-	РКР1-2		

ской деятельности экспериментальные факторы, результаты исследований, формулы, термины, введенные в данном курсе;			4			
У8 уметь прогнозировать изменение свойств диэлектрических материалов под влиянием внешних факторов;			ОЛР1-4	РКР1-2		
Приобретенные владения						
В.1 владеть опытом практической работы в интегрированной среде;			ОЛР1-4	РКР1-2	КЗ	КП
В.2 владеть навыками измерения прочностных, вязкостных и теплофизических характеристик диэлектрических материалов;			ОЛР1-4	РКР1-2		
В.3 владеть навыками расчета основных параметров технологического режима экструзии;			ОЛР1-4	РКР1-2		

*ТТ – текущее тестирование (контроль знаний по теме);

РТ – рубежное тестирование по модулю (автоматизированная система контроля знаний);

КР – контрольные работы;

ЛР – выполнение лабораторных работ с подготовкой отчёта (оценка владения);

КП - выполнение курсового проекта.

ОЛР – отчет по лабораторной работе,

ТВ – теоретический вопрос,

ПЗ – практическое задание,

КЗ – комплексное задание.

8.1 Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1.В.07 Переработка полимеров. (полное название дисциплины)	Блок 1 «Дисциплины (модули)» (цикл дисциплины) ☐ базовая часть цикла ☒ вариативная часть цикла ☒ обязательная ☐ по выбору студента
13.03.02 (код направления подготовки)	Электроэнергетика и электротехника/ Конструирование и технологии в электротехнике (полное название направления подготовки)
ЭЭ/КТЭ (аббревиатура направления подготовки)	Уровень подготовки: ☐ специалист ☒ бакалавр ☐ магистр Форма обучения: ☒ очная ☐ заочная ☐ очно-заочная
2016 (год утверждения учебного плана ОПОП)	Семестр: <u>7</u> Количество групп: <u>1</u> Количество студентов: <u>16</u>

Труфанова Наталия Михайловна, профессор,
 электротехнический факультет,
 кафедра «Конструирование и технологии в электротехнике», телефон: 239-18-51,
e-mail: trufanova@pstu.ru

СПИСОК ИЗДАНИЙ

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1 Основная литература		
1	Леонов В.М. и др. Основы кабельной техники. - М., Академия, 2006г.-427 с.	79
2	В.Микаэли и др. Экструзионные головки для пластмасс и резины.- СПб. : Профессия, 2007.-470 с.	5
3	Н.М. Труфанова. Переработка полимеров - Пермь, ПГТУ, 2009. – 158с.	45
4	Раувендааль К.Экструзия полимеров.-СПб.:Профессия, 2006, 2008.-768 с.	20
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		
1	Переработка пластмасс/ Шварц О., Эбелинг Ф.-В., Фурт Б.- СПб Профессия, 2005, 2008.-320 с.	28+6
2	Технические свойства полимерных материалов: Учеб.-справ. Пособие / В.К. Крыжановский, В.В. Бурлов, А.Д.Паниматченко, Ю.В. Крыжановская.-СПб.: Профессия, 2005,2007-248 с.	28
3	Труфанова Н.М., Щербинин А.Г., Янков В.И. Плавление полимеров в экструдере. М. – Ижевск. 2009, 335с.	2
2.2 Периодические издания		
	не предусмотрено	
2.3 Нормативно-технические издания		
	не предусмотрено	
2.4 Официальные издания		
	не предусмотрено	
2.5 Электронные информационно-образовательные ресурсы		
1	Электронная библиотека Научной библиотеки Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс : полнотекстовая база данных электрон. документов изданных в Изд-ве ПНИПУ]. — Электрон. дан. (1 912 записей). — Пермь, 2014- . — Режим доступа: http://elib.pstu.ru/ . — Загл. с экрана.	
2	Научная Электронная Библиотека eLibrary [Электронный ресурс : полнотекстовая база данных : электрон. журн. на рус., англ., нем. яз. : реф. и наукометр. база данных] / Науч. электрон. б-ка. – Москва, 1869- . – Режим доступа: http://elibrary.ru/ . – Загл. с экрана.	
3	EBSCOhost [Electronic resource : полнотекстовые базы данных журналов и книг (архив 2009-2012 гг.) по гуманитар. и естеств. наукам на англ. яз.] / EBSCO Industries, Inc. – USA ; Canada, 2015- . – Режим доступа: https://www.ebscohost.com/ . – Загл. с экрана.	
4	ScienceDirect: Engineering [Electronic resource : полнотекстовая база данных : электрон. науч. журн. и книг на англ. и нем. яз.] / Elsevier. – Amsterdam, 1995- . – Режим доступа: http://www.sciencedirect.com/ . – Загл. с экрана.	

Основные данные об обеспеченности на

(дата составления рабочей программы)

Основная литература ☒ обеспечена ☐ не обеспеченаДополнительная литература ☒ обеспечена ☐ не обеспеченаЗав. отделом комплектования
научной библиотеки

Н.В. Тюрикова

Данные об обеспеченности на

(дата составления рабочей программы)

Основная литература ☐ обеспечена ☐ не обеспеченаДополнительная литература ☐ обеспечена ☐ не обеспечена

Зав. отделом комплектования научной библиотеки _____ Н.В. Тюрикова

8.2 Компьютерные обучающие и контролирующие программы

Таблица 8.2 – Программы, используемые для обучения и контроля

№ п.п.	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Рег. номер	Назначение
1	2	3	4	5
		Не предусмотрены		

8.3 Аудио- и видео-пособия

Таблица 8.3 – Используемые аудио- и видео-пособия

Вид аудио-, видео-пособия				Наименование учебного пособия
теле-фильм	кино-фильм	слайды	аудио-пособие	
1	2	3	4	5
				Не предусмотрены

Карта книго-
обеспеченности
в библиотеку одана

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

9.1 Специализированные лаборатории и классы

Таблица 9.1 – Специализированные лаборатории и классы

№ п.п.	Помещения			Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	2	3	4	5	6
1	Лаборатория пластмасс	Кафедра КТЭ	302, корп. А	36 м ²	12
2	Компьютерный класс	Кафедра КТЭ	307, корп. А	54 м ²	20
3	Компьютерный класс	Кафедра КТЭ	202, корп. А	54 м ²	17

9.2 Основное учебное оборудование

Таблица 9.2 – Учебное оборудование

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	ПК <i>Intel Pentium Dual CPU</i> 2000 МГц	17	Оперативное управление	202, корп. А
2	ПК <i>Intel Pentium Dual CPU</i> 2000 МГц	20	Оперативное управление	307, корп. А
3				

Лист регистрации изменений

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